

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-010076

(43)Date of publication of application : 14.01.2000

1)Int.Cl.

G02F 1/133

1)Application number : 10-177146

(71)Applicant : CANON INC

2)Date of filing : 24.06.1998

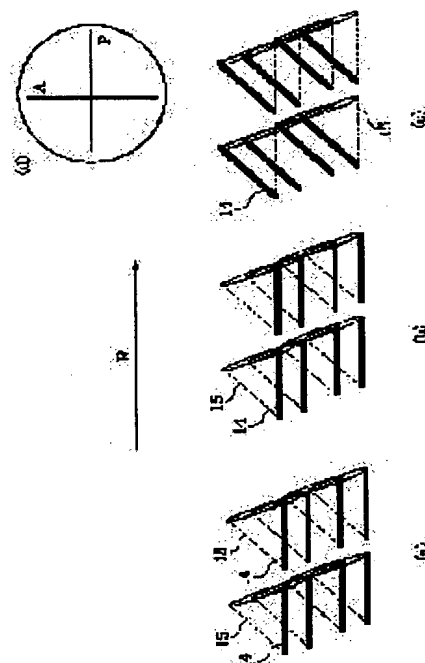
(72)Inventor : ASAO YASUSHI  
TERADA MASAHIRO  
TOKANO GOJI  
MORI YOSHIMASA  
MORIYAMA TAKASHI  
NAKAMURA SHINICHI

## 4) LIQUID CRYSTAL ELEMENT

### 7)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To enable high-speed response and gradation control and to obtain a liquid crystal element having excellent animation image quality by tilting the average molecular axis of liquid crystals to one side from a monostabilized position at an angle meeting the magnitude of pressed voltage at the time of voltage impression of a first polarity and maintaining the monostabilized position at the time of voltage impression of second polarity which is a reverse polarity.

**SOLUTION:** At the time of voltage non-impression, liquid crystal molecules array stably approximately along an average uniaxially oriented direction (arrow make R) to one end side of a virtual cone 15 which executes tilting by the voltage impression. When, for example, the refractive index anisotropy possessed by the liquid crystals is defined as  $\Delta n$  and a cell thickness as (d) and when  $\Delta n d$  is set near the half wave of visible light, the liquid crystal molecules 14 tilt to a direction meeting the polarity of the voltage when the voltage of the first polarity (positive polarity) is impressed (a). On the other hand, the liquid crystal molecules 14 stain at the position (b) similar to the position at the time of the voltage non-impression when the voltage of the second polarity (negative polarity) of the polarity reverse from the first polarity is impressed.



## GAL STATUS

ate of request for examination]

ate of sending the examiner's decision of rejection]

ind of final disposal of application other than the  
aminer's decision of rejection or application converted  
gistration]

ate of final disposal for application]

atent number]

ate of registration]

umber of appeal against examiner's decision of

## NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

\*\*\* shows the word which can not be translated.

In the drawings, any words are not translated.

---

AIMS

---

claim(s)]

claim 1] Chiral smectic liquid crystal and the electrode of the pair which impresses an electrical potential difference to a chiral smectic liquid crystal, The substrate of a pair with which optically uniaxial orientation processing was performed in order to carry out orientation of this liquid crystal to one [ at least ] opposed face, while pinching this liquid crystal and counteracting, It is the liquid crystal device which equipped one [ at least ] substrate with the polarizing plate. In the time of no electrical-potential-difference impressing The first condition that the average molecule shaft of a liquid crystal was made monostable is shown. At the time of the first polar electrical-potential-difference impression the tilt of the average molecule shaft of this liquid crystal is carried out to one side from this location made monostable to include angle according to the magnitude of applied voltage. With this first polarity at the time of the second polar electrical-potential-difference impression of reversed polarity In the permeability curve of the light which passes that the average molecule shaft of this liquid crystal maintains this location made monostable, and the electrical-potential-difference-component at the time of triangular wave impression The liquid crystal device which the following gamma value at the time of the first polar electrical-potential-difference impression is three or more, and is characterized by a low hysteresis parameter value  $T_{diff} [\%]$  being 50% or less.

the time of the electrical-potential-difference hysteresis parameter value  $T_{diff} [\%] = T_d - T_u V_u$ :standup to which permeability reaches to 95% 95% [ of  $\gamma = V$  ], and  $V_{5\%} V_{5\%}$ : -- electrical-potential-difference  $V_{95\%}$ : to which permeability reaches to 5% -- The electrical potential difference  $V_d$  which reaches 50% of permeability : In the time of rising Electrical potential difference  $T_u$  which reaches 50% of permeability [%]: Permeability value  $T_d$  in the standup curve at the time of two above-mentioned average electrical potential difference  $(V_u + V_d) / 2$  impression [%]:

permeability value in the falling curve at the time of two above-mentioned average electrical potential difference  $(V_u + V_d) / 2$  impression [claim 2] The outgoing radiation quantity of light from said component turns into the first quantity of light in said first condition, and it sets at the time of said first polar electrical-potential-difference impression. It becomes the second quantity of light of most different magnitude from this first quantity of light in the state of the predetermined tilt of the average molecule shaft of liquid crystal. This outgoing radiation quantity of light in the liquid crystal device according to claim 1 characterized by becoming adjustable continuously between this first and second quantity of light by changing the include angle of the tilt from said location of the average molecule shaft of liquid crystal made monostable with the magnitude of said first polar electrical potential difference.

claim 3] The liquid crystal device according to claim 2 said whose first quantity of light is the minimum value in the outgoing radiation quantity of light from said liquid crystal device and said whose second quantity of light is maximum the outgoing radiation quantity of light from said component.

claim 4] The phase transition sequence of said chiral smectic liquid crystal is an isotropic liquid phase from an elevated-temperature side. Liquid crystal device according to claim 1 characterized by being a - cholesteric phase-chiral smectic phase or an isotropic liquid phase-chiral smectic C phase.

claim 5] The whorl pitch in the bulk condition of said chiral smectic liquid crystal is the liquid crystal device [ longer than twice ] of cell thickness according to claim 1.

claim 6] The liquid crystal device according to claim 1 characterized by having the drive circuit which is the substrate which has two or more pixels and has the active component which one side connected to the electrode corresponding to a pixel among the substrates of said pair, and performs an analog gradation display.

claim 7] The outgoing radiation quantity of light from said component turns into the first quantity of light in said first condition, and it sets at the time of said first polar electrical-potential-difference impression. It becomes the second quantity of light of most different magnitude from this first quantity of light in the state of the predetermined tilt of the average molecule shaft of liquid crystal. This outgoing radiation quantity of light By changing the include angle of the tilt from said location of the average molecule shaft of liquid crystal made monostable with the magnitude of said first

lar electrical potential difference It has becoming adjustable continuously between this first and the second quantity light, and two or more pixels. Having the drive circuit where one side is the substrate which has an active component ked to the electrode corresponding to a pixel, and performs a active-matrix drive among the substrates of said pair, d this drive circuit It is the circuit which the outgoing radiation quantity of light is changed in 1 pixel, and performs a sired gradation display. this first quantity of light that \*\*\*\*s in a desired gradation display -- and -- this -- with the st period which impresses the first polar electrical potential difference beyond the electrical-potential-difference value obtaining more than the quantity of light of the magnitude between the second quantity of light The liquid crystal vice according to claim 1 to 3 characterized by performing the gradation display of this request in the period with ick the driving signal which consists of the second period which impresses the second polar electrical potential ference for obtaining this first quantity of light to this liquid crystal is supplied, and this first period and this second riod were doubled.

claim 8] The liquid crystal device according to claim 1 to 7 which is a transparency mold liquid crystal device.

claim 9] The liquid crystal device according to claim 1 to 7 which is a reflective mold liquid crystal device.

claim 10] The substrate of a pair with which optically uniaxial orientation processing for carrying out orientation of s liquid crystal to one [ at least ] opposed face while pinching this liquid crystal to chiral smectic liquid crystal and s liquid crystal and countering them in the electrode of the pair which impresses an electrical potential difference was rformed, It is the liquid crystal device which equipped one [ at least ] substrate with the polarizing plate. In the time of electrical-potential-difference impressing The first condition that the average molecule shaft of this liquid crystal was ide monostable is shown. At the time of the first polar electrical-potential-difference impression The tilt of the erage molecule shaft of this liquid crystal is carried out to one side from this location made monostable at the include gle according to the magnitude of applied voltage. With this first polarity at the time of the second polar electrical-tential-difference impression of reversed polarity The average molecule shaft of this liquid crystal among maintaining s location made monostable and the substrate of said pair one side It had the drive circuit which is the substrate which s an active component linked to the electrode corresponding to a pixel, and performs an analog gradation display by ive-matrix drive, The volume-resistivity value of this chiral smectic liquid crystal is more than  $5 \times 10^{11}$ -ohmcm. The ontaneous polarization of this liquid crystal  $P_s$  (nC/cm<sup>2</sup>), a rearranged part of the internal ion in the period of the time the 1-pixel 1 selection-period initiation in a active-matrix drive to the time of next selection period initiation  $Q_t$  (nC/cm<sup>2</sup>) -- carrying out  $(2 P_s + Q_t)$  -- liquid crystal device characterized by being below 30 (nC/cm<sup>2</sup>).

claim 11] The liquid crystal device according to claim 10 characterized by the above  $(2 P_s + Q_t)$  being below 12 (nC/cm<sup>2</sup>).

claim 12] The outgoing radiation quantity of light from said component turns into the first quantity of light in said first addition, and it sets at the time of said first polar electrical-potential-difference impression. In the predetermined tilt addition of the average molecule shaft of liquid crystal, it becomes the second quantity of light. This outgoing radiation antity of light The liquid crystal device according to claim 10 characterized by becoming adjustable continuously between this first and the second quantity of light by changing the include angle of the tilt from said location of the erage molecule shaft of liquid crystal made monostable with the magnitude of said first polar electrical potential ference.

claim 13] The liquid crystal device according to claim 12 said whose first quantity of light is the minimum value in the tgoing radiation quantity of light from said liquid crystal device and said whose second quantity of light is maximum the outgoing radiation quantity of light from said component.

claim 14] The liquid crystal device according to claim 10 to which the phase transition sequence of said chiral smectic uid crystal is characterized by being an isotropic liquid phase-cholesteric phase-chiral smectic phase or an isotropic uid phase-chiral smectic phase from an elevated-temperature side.

claim 15] The whorl pitch in the bulk condition of said chiral smectic liquid crystal is the liquid crystal device [ longer n twice ] of cel thickness according to claim 10.

claim 16] The outgoing radiation quantity of light from said component turns into the first quantity of light in said first addition, and it sets at the time of said first polar electrical-potential-difference impression. It becomes the second antity of light of most different magnitude from this first quantity of light in the state of the predetermined tilt of the erage molecule shaft of liquid crystal. This outgoing radiation quantity of light By changing the include angle of the from said location of the average molecule shaft of liquid crystal made monostable with the magnitude of said first ar electrical potential difference It has becoming adjustable continuously between this first and the second quantity light, and two or more pixels. Having the drive circuit where one side is the substrate which has an active component ked to the electrode corresponding to a pixel, and performs a active-matrix drive among the substrates of said pair, l this drive circuit It is the circuit which the outgoing radiation quantity of light is changed in 1 pixel, and performs a

sired gradation display. this first quantity of light that \*\*\*\*\* in a desired gradation display -- and -- this -- with the  
 st period which impresses the first polar electrical potential difference beyond the electrical-potential-difference value  
 : obtaining more than the quantity of light of the magnitude between the second quantity of light The liquid crystal  
 vice according to claim 10 characterized by performing the gradation display of this request in the period with which  
 : driving signal which consists of the second period which impresses the second polar electrical potential difference  
 : obtaining this first quantity of light to this liquid crystal is supplied, and this first period and this second period were  
 uted.

claim 17] The liquid crystal device according to claim 10 to 16 which is a transparency mold liquid crystal device.

claim 18] The liquid crystal device according to claim 10 to 16 which is a reflective mold liquid crystal device.

claim 19] Chiral smectic liquid crystal and the electrode of the pair which impresses an electrical potential difference  
 this liquid crystal, The substrate of a pair with which optically uniaxial orientation processing for carrying out  
 entation of this liquid crystal to one [ at least ] opposed face while pinching this liquid crystal and countering was  
 rformed, It is the liquid crystal device which equipped one [ at least ] substrate with the polarizing plate. In the time of  
 electrical-potential-difference impressing The first condition that the average molecule shaft of this liquid crystal was  
 ide monostable is shown. At the time of the first polar electrical-potential-difference impression The tilt of the  
 erage molecule shaft of this liquid crystal is carried out to one side from this location made monostable at the include  
 gle according to the magnitude of applied voltage. With this first polarity at the time of the second polar electrical-  
 tential-difference impression of reversed polarity The average molecule shaft of this liquid crystal among maintaining  
 s location made monostable and the substrate of said pair one side It had the drive circuit which is the substrate which  
 s an active component linked to the electrode corresponding to a pixel, and performs an analog gradation display by  
 ive-matrix drive, The volume-resistivity value of this chiral smectic liquid crystal is more than  $5 \times 10^{11}$ -ohmcm. The  
 ontaneous polarization of this liquid crystal  $P_s$  (nC/cm<sup>2</sup>), a rearranged part of the internal ion in the period of the time  
 the 1-pixel 1 selection-period initiation in a active-matrix drive to the time of initiation of a next selection period --  $Q_t$   
 C/cm<sup>2</sup>) -- carrying out  $(2 P_s + Q_t)$  -- with it being below 30 (nC/cm<sup>2</sup>) The liquid crystal device which it sets on the  
 meability curve of the light which passes the electrical-potential-difference-component at the time of triangular wave  
 pression, and the following gamma value at the time of the first polar electrical-potential-difference impression is  
 ee or more, and is characterized by following hysteresis parameter value  $T_{diff}$  [%] being 50% or less.  
 the time of the electrical-potential-difference hysteresis parameter value  $T_{diff}$  [%] =  $T_d - T_u$   $V_u$ :standup to which  
 meability reaches to 95% 95% [ of gamma= $V$ /], and  $V_{5\%}$   $V_{5\%}$ : -- electrical-potential-difference  $V_{95\%}$ : to which  
 meability reaches to 5% -- The electrical potential difference  $V_d$  which reaches 50% of permeability : In the time of  
 ling Electrical potential difference  $T_u$  which reaches 50% of permeability [%]: Permeability value  $T_d$  in the standup  
 ve at the time of two above-mentioned average electrical potential difference  $(V_u + V_d) / 2$  impression [%]:  
 meability value in the falling curve at the time of two above-mentioned average electrical potential difference  
 $(V_u + V_d) / 2$  impression [claim 20] The liquid crystal device according to claim 19 characterized by the above  $(2 P_s + Q_t)$   
 ng below 12 (nC/cm<sup>2</sup>).

anslation done.]

## NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

\*\*\* shows the word which can not be translated.

In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### Detailed Description of the Invention]

[001]

[Field of the Invention] This invention relates to the orientation control approach of the liquid crystal in the liquid crystal device and this component which are used for the light valve used for a flat-panel display, a projection display, a monitor, etc.

[002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, in the pneumatic liquid crystal display device, development of the liquid crystal device called active matrix which has arranged an active element like a transistor (for example, a thin film transistor/TFT) to each pixel is performed. As the mode of the nematic liquid crystal used for this active-matrix type of liquid crystal display component now, they are for example, em mode (M. Schadt) and the W. Helfrich (W. Helfrich) mode. Applied. Physics The 18th volume of Letters and the Twisted Nematic (Twisted Nematic) mode shown in 128 pages from the 127th page of the 4 No. (February 15, 1971 issue) are used widely. Moreover, recently, the in plane switching (In-Plane Switching) mode in which the longitudinal direction electrical potential difference was used is disclosed, and the improvement of the angle-of-visibility property which was the fault of a twisted nematic type LCD mode. In addition, there is super-twisted-nematic (Super Twisted Nematic) mode as an example of representation of pneumatic liquid crystal display device which does not use active elements, such as TFT mentioned above. Thus, although the mode with various liquid crystal display components using such a pneumatic liquid crystal existed, the trouble that the dozens of or more msec speed of response of liquid crystal will be applied in any case in the mode existed.

[003] As what improves the fault of the pneumatic liquid crystal component of such a conventional type, the component (SSFLC/Surface Stabilized FLC) liquid crystal indicates bistability nature to be proposed by Clerks (Clark) and Lagerwall (Lagerwall) (JP,56-107216,A, U.S. Pat. No. 4367924 specification). As liquid crystal in which bistability nature is shown, the ferroelectric liquid crystal in which a chiral smectic C phase is generally shown is used. Since an electrical potential difference acts on the spontaneous polarization of a liquid crystal molecule in the case of electrical-potential-difference impression and reversal switching of a molecule is made, the bistability condition in which a very quick speed of response is obtained upwards, and has memory nature can be made to discover in this ferroelectric liquid crystal. Since the angle-of-visibility property is furthermore also excellent, it is thought that it is suitable as the display device or light valve of a high speed, a high definition, and a large area. Furthermore, the component which combined the active-matrix component with the ferroelectric liquid crystal in which a chiral smectic phase is shown is proposed (JP,4-212126,A etc.).

[004] On the other hand, recently, the component the combination electrical-potential-difference-permeability property (antiferroelectricity liquid crystal (non-threshold antiferroelectricity liquid crystal) and a active-matrix component indicates a V character mold configuration to be attracts attention. Like [ this antiferroelectricity liquid crystal ] a ferroelectric liquid crystal, since reversal switching of a molecule is made according to the operation to the spontaneous polarization of a liquid crystal molecule, a very quick speed of response is obtained. In order that this liquid crystal element may take the molecular arrangement structure where spontaneous polarization with a mutual liquid crystal molecule is mutually negated at the time of no electric-field impressing, in the condition of not impressing electric field, as been the description that spontaneous polarization does not exist.

[005] Each of ferroelectric liquid crystals which perform reversal switching by such spontaneous polarization, and antiferroelectricity liquid crystal is liquid crystal in which a smectic liquid crystal phase is shown. That is, in the aspects that the trouble about the speed of response which the pneumatic liquid crystal was holding conventionally is solvable, implementation of the liquid crystal display component using a smectic liquid crystal is expected.

006]

problem(s) to be Solved by the Invention] Thus, although the smectic liquid crystal which has spontaneous polarization the display of the next generation, such as high-speed response engine performance, etc. is expected, it is becoming (Shingaku Giho EID96-4p.19 etc.) from the latest research that the animation high-speed response characteristic which human being senses is not acquired only by raising a speed of response. In these research results, the conclusion being effective for the nature improvement of an animation is obtained by using the method which makes a time mount numerical aperture 50% or less, using a shutter as technique sensed that a movie display is [ human being ] high-speed, or 2X means of displaying.

007] However, from the first, in order to realize good animation display at an above-mentioned high speed using the chiral smectic liquid crystal device of a high-speed response which was mentioned above, that the above-mentioned animation display approach cannot be used since the mode using the nematic phase of a conventional type of the speed response of liquid crystal is inadequate has the fault that the drive approach and a circumference circuit become complicated, and it caused a cost rise.

008] The place which this invention was made in view of such a trouble, and is made into the technical problem is a liquid crystal device using the liquid crystal in which a chiral smectic phase is shown, and even if a high-speed response and gradation control are possible and it does not use a complicated circuit, it is offering the cheap liquid crystal device whose quality of an animation improved.

009]

Means for Solving the Problem] The substrate of a pair with which optically uniaxial orientation processing for carrying out orientation of this liquid crystal to at least one side while pinching chiral smectic liquid crystal and this liquid crystal and countering if [ in the first place / of this invention ] was performed, It is the liquid crystal device which equipped one [ at least ] substrate with the polarizing plate. In the time of no electrical-potential-difference impressing The first condition that the electrode of the pair which impresses an electrical potential difference to this liquid crystal, and the average molecule shaft of this liquid crystal were made monostable is shown. At the time of the first polar electrical-potential-difference impression The tilt of the average molecule shaft of this liquid crystal is carried out to one side from this location made monostable at the include angle according to the magnitude of applied voltage. With this first polarity at the time of the second polar electrical-potential-difference impression of reversed polarity In the average molecule shaft of this liquid crystal maintains this location made monostable, and the electrical-potential-difference-permeability curve at the time of triangular wave impression The following gamma value at the time of the first polar electrical-potential-difference impression or more by three And the liquid crystal device characterized by following hysteresis parameter value  $T_{diff} [\%]$  being 50% or less, In the time of the electrical-potential-difference hysteresis parameter value  $T_{diff} [\%] = T_d - T_u V_u$ :standup to which permeability reaches to 95%  $95\% \text{ of } \gamma = V / V_5$ , and  $V_5\% V_5\%$ : -- electrical-potential-difference  $V_{95\%}$ : to which permeability reaches to 5% -- The electrical potential difference  $V_d$  which reaches 50% of permeability : In the time of falling Electrical potential difference  $T_u$  which reaches 50% of permeability [%]: Permeability value  $T_d$  in the standup curve at the time of two above-mentioned average electrical potential difference  $(V_u + V_d) / 2$  impression [%]: The permeability value in the falling curve at the time of two above-mentioned average electrical potential difference  $(V_u + V_d) / 2$  impression is offered.

010] Moreover, the electrode of the pair which impresses an electrical potential difference to chiral smectic liquid crystal and this liquid crystal according to the second of this invention, The substrate of a pair with which optically uniaxial orientation processing for carrying out orientation of this liquid crystal to one [ at least ] opposed face while pinching this liquid crystal and countering was performed, It is the liquid crystal device which equipped one [ at least ] substrate with the polarizing plate. In the time of no electrical-potential-difference impressing The first condition that the average molecule shaft of this liquid crystal was made monostable is shown. At the time of the first polar electrical-potential-difference impression The tilt of the average molecule shaft of this liquid crystal is carried out to one side from this location made monostable at the include angle according to the magnitude of applied voltage. With this first polarity at the time of the second polar electrical-potential-difference impression of reversed polarity The average molecule shaft of this liquid crystal among maintaining this location made monostable and the substrate of said pair one side It had the drive circuit which is the substrate which has an active component linked to the electrode corresponding to a pixel, and forms an analog gradation display by active-matrix drive, The volume-resistivity value of this chiral smectic liquid crystal is more than  $5 \times 10^{11}$ -ohmcm. The spontaneous polarization of this liquid crystal  $P_s$  (nC/cm<sup>2</sup>), a rearranged part of the internal ion in the period of the time of initiation of 1-pixel 1 selection to the time of initiation of a next selection period in a active-matrix drive --  $Q_t$  (nC/cm<sup>2</sup>) -- carrying out  $(2 P_s + Q_t)$  -- liquid crystal device \*\* characterized by carrying below 30 (nC/cm<sup>2</sup>) is offered.

011]

embodiment of the Invention] Hereafter, the orientation condition and switching process of liquid crystal which present the chiral smectic phase in the liquid crystal device of this invention are explained on a model with reference to drawing, after contrasting with the SSFLC type of the conventional type mentioned above.

012] Bistability nature, i.e., memory nature, is made to discover by making two conditions stabilize a liquid crystal molecule in a SmC\* phase in SSFLC. It explains using the model shown in drawing 1 and drawing 2 about this memory condition.

013] In addition, although based on the relation of the virtual cone which can serve as the range of the location of a liquid crystal molecule and this molecule, a smectic layer normal, and an average of 1 shaft orientation processing shaft in the model explained below, within a liquid crystal device, two or more liquid crystal molecules concerned exist, for example, are twisted to some extent in the direction of a substrate normal, and are observed as behavior of an average molecule shaft. That is, the average molecule shaft specified by this invention \*\*\*\*s in the behavior of an independent liquid crystal molecule substantially.

014] Drawing 1 explains the layer structure (structure of a smectic layer) of the liquid crystal molecule in the component of a SSFLC mold, and liquid crystal. In the part of the liquid crystal 13 pinched between a substrate 11 and 12 with the component concerned as shown in this drawing (a) and (b) the liquid crystal molecule 14 a substrate 11 or 12 at the interface of 12 -- the uniaxial orientation processing direction A of each substrate -- meeting -- pre tilt angle  $\theta$  is predetermined from a substrate -- starting (this example -- the uniaxial orientation processing direction R of both substrates -- parallel -- and this direction --) That is, the smectic layer 16 of the Chevron structure of making the tilt angle  $\delta$  to a substrate normal between a substrate 11 and 12 considered as a setup whose liquid crystal molecule is made to start in this direction to a substrate is formed.

015] On the other hand, the liquid crystal molecule 14 is switched among 2 locations of the wall surface of the virtual cone 15 which has the vertical angle of  $2\theta$  (it is the cone angle of a proper to  $\theta$ :liquid crystal ingredient) by electrical-potential-difference impressing, and is in electrical-potential-difference the condition of not impressing, and exists stably near the two locations concerned. In addition, the orientation condition that the smectic layer 16 shown in this drawing (a) and (b) makes the Chevron structure is classified by the relation between the direction of the pre tilt of the liquid crystal molecule 14 between substrates, and the bending direction of the Chevron structure of the smectic layer 16, and calls C1 orientation and the orientation condition of (b) C2 orientation for the orientation condition of (a), respectively.

016] Here in the state of the orientation of SSFLC shown in drawing 1 By generally filling the relation of  $\theta > \delta$ , the orientation condition and C2 orientation condition the kink location (a crease of substrate period \*\* is \*\*\*\*\*) of the smectic layer 16 of the Chevron structure is included between a substrate 11 and 12 at the time of no electrical-potential-difference impressing -- in all the thickness directions, the liquid crystal molecule 14 can take two locations stably within the virtual cone 15, and a bistability condition is mostly discovered. Drawing 2 (a) and (b) show the projection of the liquid crystal molecule to the base 17 top of the cone 15 of the imagination in each of C1 orientation condition shown in drawing 1 (a) and (b), respectively, and C2 orientation condition, and show that a liquid crystal molecule takes the bistability condition (projection 18a and 18b) of 14a and 14b.

017] With the component which liquid crystal presents the orientation condition of the above bistability nature, a polarization shaft is set by one average molecule shaft of a bistability condition among the polarizing plates under the cross Nicol's prism of a pair, switching between bistability conditions is performed, and the display of black (dark condition) and white (\*\*\*\*\*) is performed. This switching is made with generation and disappearance of generation of a domain of the condition of another side, i.e., domain Wall, from one condition. However, when displaying using such a switching mechanism, only the binary display of black and white can be performed fundamentally, but the play of the gradation between black and white (halftone) is difficult.

018] On the other hand, in the first of this invention, and the second liquid crystal device, memory nature (bistability nature) as shown in drawing 1 and 2 is vanished that a gradation display should be realized in the component using the liquid crystal in which a chiral smectic phase is shown, and it becomes important to make it a liquid crystal molecule serve as adjustable continuously with applied voltage. The liquid crystal ingredient in which Ch-SmC\* phase position is preferably shown in this invention is used for this setup.

019] It is shown like the layer structure formation fault of the liquid crystal ingredient which shows a Ch-SmC\* phase sequence at least to drawing 3 (b) under a temperature fall like the formation fault of the layer (smectic layer) structure of a liquid crystal ingredient which shows a Ch-SmA-SmC\* phase sequence in drawing 3 (a) under a temperature fall at least in a liquid crystal device. In this drawing, an arrow head R is the an average of 1 shaft orientation processing shaft orientation in a component. The liquid crystal molecule 14 can be switched along with the wall surface of virtual cone



region, when an electrical potential difference is impressed.

[20] Uniaxial orientation processing is performed in the field which touches an "an average of 1 shaft orientation processing shaft" here at the liquid crystal of both the substrates that constitute a component. When the direction (for example, the direction of rubbing) is parallel, and is the same direction or it is hard flow (anti-parallel) mutually, in the case where uniaxial orientation processing is performed only to one substrate at the list It is equivalent to the shaft of the uniaxial orientation processing itself, and corresponds in the direction of one half of the shafts of the direction of a core both uniaxial orientation processing shafts, i.e., a cross angle, in the case where the direction (for example, the direction of rubbing) where uniaxial orientation processing was performed in both substrates crosses mutually.

Moreover, with the "direction" of an average of 1 shaft orientation processing shaft, have started to the substrate of a liquid crystal molecule [ / near / where the orientation processing concerned was made, for example / the substrate ]. Namely, are the direction of the side which produces a pre tilt, and when uniaxial orientation processing is performed only to one substrate, uniaxial orientation processing is performed in both substrates. When the direction (for example, the direction of rubbing) is parallel and is the same direction When it is the processing direction itself, and is mutually parallel to both substrates and processing of hard flow is performed (anti-parallel) It is the processing direction in one of substrates, and is the direction of the medial axis in the case where the direction (for example, the direction of rubbing) where uniaxial orientation processing was performed in both substrates crosses mutually.

[21] Into a phase sequence, as shown in drawing 3 (a), the liquid crystal molecule 14 arranges and smectic layer structure is formed in the case of the liquid crystal ingredient which has a SmA phase, so that the direction of a smectic layer normal (space longitudinal direction arrow head LN) and the uniaxial orientation processing direction may be in agreement in a SmA phase. And in a SmC\* phase, the tilt of the liquid crystal molecule 14 is carried out from [ LN ] a smectic layer normal, and it is stabilized a little [ its ] near the edge of the virtual cone 15 in an inside location.

[22] By the phase sequence which does not contain a SmA phase on the other hand as shown in drawing 3 (b), for example by the process which carries out phase transition to a SmC\* phase from Ch phase, it arranges in the an average of 1 shaft orientation processing direction R, and smectic layer structure is formed so that the liquid crystal molecule 14 incline to the direction LN of a smectic layer normal. That is, the direction LN of a layer normal will be formed in an average of 1 shaft orientation processing direction R and the direction shifted. In this invention, the liquid crystal molecule 14 is adjusted so that it may stabilize especially through the temperature region of a SmC\* phase in the vicinity of the edge of the virtual cone 15.

[23] Although the liquid crystal molecule 14 as shown in drawing 1 and drawing 2 in any [ of drawing 3 (a) and (b) ] should be in the bistability orientation condition of the Chevron structure, i.e., a substrate, to stability in the two parallel condition substantially, when shown in drawing 3 (b), the force of constraint of uniaxial orientation processing comes strong, only one side of these two conditions becomes stable (making it monostable), and memory nature will appear.

[24] This monostable-ized phenomenon is described concretely below. With the liquid crystal ingredient in which a Ch-SmC\* phase sequence is shown, the direction of a layer normal and the uniaxial orientation processing direction shift and carry out orientation as mentioned above. Therefore, when two molecule locations where a liquid crystal molecule becomes parallel to a cone top and a substrate side in a SmC\* phase are set to U1 and U2, respectively, the place where the angle with the uniaxial orientation processing direction to make is smaller becomes stable among said place of molecule locations, and bistability nature will collapse.

[25] However, if the reinforcement (A) of this uniaxial orientation processing assumes the infinite case of being close to zero, the angle of the uniaxial orientation processing direction and the direction of a layer normal to make is not used how, and the difference should not be looked at by the stability (potential) of U1 and U2 ( drawing 4 (a)). Therefore, even if it uses the ingredient in which a Ch-SmC\* phase sequence is shown, the component which has bistability nature is able to be realized.

[26] Subsequently, although uniaxial orientation processing has been performed, when the reinforcement is not enough ( drawing 4 (b)), in U1 and U2, a difference will occur in potential, and bistability nature will collapse. However, in the state of this drawing 4 (b), although one condition of bistability is stable, it will exist as a metastable orientation condition also about another condition. In the state of such orientation, a hysteresis is very large at the time a triangular wave response, and the phenomenon in which bistability nature is discovered again by observing a steep threshold property or impressing the fixed direct-current bias which exists electrically etc. is observed, for example. That is, it is possible that the continuous tone control by the active matrix becomes difficult with the component with which such sufficient monostable nature is not realized.

[27] On the other hand, there is no existence of a metastable condition by strengthening the force of constraint of uniaxial orientation processing enough, as shown in drawing 4 (c), it becomes possible to make it monostable

mpletely, and the continuous tone control characteristic will improve greatly.

[28] Moreover, the height of the bistability energy barrier in drawing 4 (a) is considered to change also depending on liquid crystal material property or a cel configuration. That is, it is guessed qualitatively that the height of this energy barrier changes with the amounts of anti-electric fields which the liquid crystal device itself makes. Therefore, in order design a liquid crystal device so that a metastable state may not exist, it is desirable to set up the height of an energy barrier low beforehand by carrying out a cel design so that the amount of internal anti-electric fields may become large. For example, it is desirable to arrange the sufficiently high insulating polyimide orientation film in vertical both substrates as an orientation control layer.

[29] It is possible that the smectic layer structure which shows two kinds of different directions of a layer normal (N1 and LN2) as shown in drawing 5 forms in the case of the Ch-SmC\* phase transition shown in drawing 3 (b). At this time, if the conditions (the conditions of the processing direction etc., orientation ingredient, etc.) of uniaxial orientation processing of the substrate of the vertical pair of the cel which pinches chiral smectic liquid crystal are completely symmetrical, two smectic layer structures as shown in above-mentioned drawing 5 will be formed at an equal rate.

[30] Furthermore, it sets to the first of this invention, and the second liquid crystal device. By adjusting the design of cel using a suitable liquid crystal ingredient first, and performing processing which gives a bias further to the inner potential in a cel in the process of the Ch-SmC\* phase transition of a liquid crystal ingredient. Keep step only with one layer structure between two layer structures shown in drawing 5, namely, make it the gap direction of an average of shaft orientation processing shaft and the direction of a smectic layer normal become fixed, one edge of the virtual cone 15 was made to make the liquid crystal molecule 14 monostable, and the orientation condition of a SmC\* phase of having vanished the memory nature has been acquired. The bias of this inner potential gives and DC electrical potential difference of one of positive/negative is impressed between the substrates of a pair as a direction in the case of 1Ch-SmC\* or I-SmC\* phase transition.

Use the orientation film which consists of an ingredient which is different in the substrate of a vertical pair. Change the approach (processing conditions, such as membranous formation conditions, rubbing reinforcement, and UV irradiation) of the orientation film of the substrate of a vertical pair.

Which means may be used although various approaches, such as changing the membrane type or thickness of a layer prepared in the substrate of the orientation film of the substrate of a vertical pair, can be considered.

[31] In order to avoid that between the substrates of the pair of a component short-circuits by carrying out long duration impression of the DC as DC impression conditions especially by 1, in order to arrange the direction of a smectic layer with an one direction, it is [ / Ch-SmC\* phase transition or near the I-SmC\* phase transition ] desirable [ C ] to limit to the need and the minimum applied voltage. It is desirable to impress 100mV or more and DC electrical potential difference in the range not more than 10V concretely.

[32] As for the ion in the orientation film set up by a liquid crystal ingredient and the above 2-4 which were mentioned above, and a liquid crystal ingredient, it is desirable to decrease as much as possible so that it may not have a big influence on a TFT drive.

[33] Subsequently, in the cel which has the orientation condition of the liquid crystal device of this invention, i.e., the orientation condition which formed preferentially one side of the layer structure in a SmC\* phase as shown in drawing 6, reversal behavior of the liquid crystal molecule 14 to an electrical potential difference is explained with reference to drawing 6 and drawing 7. At drawing 6, by the model about the behavior of the liquid crystal molecule within the virtual cone 15 of the liquid crystal by electrical-potential-difference impression, and drawing 7, when it sees from a cel surface and sees from a side face about the orientation condition within the cel of the liquid crystal concerned, the model in the case where it sees with the projection at the base of a virtual cone is explained.

[34] The liquid crystal molecule 14 is mostly arranged stably along the an average of 1 shaft orientation processing direction (arrow head R) to the end (edge) side of the virtual cone 15 to which a liquid crystal molecule switches by electrical-potential-difference impression at the time of no electrical-potential-difference impressing, as shown in drawing 6 (b). When taking the condition that this liquid crystal molecule 14 carries out monostable to the edge of the virtual cone 15, [ \*\*\*\*\* ] Smectic layer structure is book-shelf structure (the layer tilt angle delta is 3 degrees or less) substantially. When the pre tilt angle of the liquid crystal molecule 14 is very small (orientation condition shown in drawing 7 (a)), Or smectic layer structure is slanting book-shelf structure, and a case (orientation condition shown in drawing 7 (b)) as the layer tilt angle delta was mostly in agreement with the pre tilt angle can be considered.

[35] Here, a cel is arranged in the uniaxial orientation processing direction R under cross Nicol's prism drawing 6 (d) a polarization shaft which made (P) in agreement on the other hand, the quantity of light which penetrates liquid crystal is changed into the minimum condition, and a dark condition (a black condition, first outgoing radiation quantity

light) is acquired.

[36] And when [ for example, ] refractive-index anisotropy  $\Delta n$  which liquid crystal has, and cell thickness were set  $d$  and  $\Delta n d$  is set as about  $1/2$  wave of the light, When the first polar (in the case of this drawing straight polarity) electrical potential difference is impressed, as it is shown in drawing 6 (c) to an orientation condition as shown in above-mentioned drawing 6 (b), the tilt (switching) of the liquid crystal molecule 14 is carried out in the direction according to the polarity of an electrical potential difference to the location at the time of no electrical-potential-difference impressing. The include angle of this tilt becomes a thing according to the magnitude of applied voltage. On the other hand, when the second polar (in the case of this drawing negative polarity) electrical potential difference of the first polarity of the above and reversed polarity is applied, the liquid crystal molecule 14 remains in the same location as the time of no electrical-potential-difference impressing. In this way, when the first polar (straight polarity) electrical potential difference is impressed, the quantity of light to which the electrical-potential-difference absolute value follows becoming large, and penetrates the liquid crystal part in a cell changes continuously, and becomes large and the liquid crystal molecule 14 changes into the predetermined condition in the virtual cone 15, the most different amount of the maximum transmitted lights from the magnitude of the amount of transmitted lights at the time of no electrical-potential-difference impressing is obtained. When a negative electrical potential difference is impressed, the quantity of light which penetrates liquid crystal is maintained with the minimum condition.

[37] Here, by the case where the include angle of the tilt on the basis of the location of the liquid crystal molecule 14 at the time of no electrical-potential-difference impressing in the condition of the maximum tilt of the liquid crystal molecule 14 at the time of straight polarity electrical-potential-difference impression is smaller than 45 degrees, when using the polarizing plate of a pair as shown in drawing 6 (d), when the liquid-crystal molecule 14 is in the edge of the virtual cone 15, in the condition of the maximum tilt, the amount of the maximum transmitted lights in the time of straight polarity electrical-potential-difference impression is obtained. On the other hand, when the include angle of the above-mentioned tilt is 45 degrees or more, and there is a liquid crystal molecule 14 inside the edge of the virtual cone, the amount of the maximum transmitted lights in the case of straight polarity electrical-potential-difference impression is obtained.

[38] When a liquid crystal molecule will be in the maximum tilt condition in the case of the example of the transmission (T) property of the (electrical-potential-difference V)-light of a component which shows the switching behavior of a liquid crystal molecule which was mentioned above, especially straight polarity electrical-potential-difference impression, the example of a component in case the maximum transmission is obtained is shown in drawing 7. At the time of electrical-potential-difference impression of straight polarity, permeability rises by the tilt of a liquid crystal molecule in accordance with the electrical-potential-difference value, and the maximum permeability T1 is shown more than by electrical-potential-difference V1. Even if it is not based on the electrical-potential-difference value (absolute value) at the time of electrical-potential-difference impression of negative polarity, and a liquid crystal molecule does not carry out a tilt on the other hand but it is  $-V1$ , permeability is 0 like the time of no electrical-potential-difference impressing.

[39] A property as shown in an orientation condition and drawing 8 as shown in drawing 6 of the liquid crystal device of this invention, and 7 It applies to a liquid crystal panel equipped with general TFT active-matrix type. The period in which an alternating current drive wave is impressed, and a liquid crystal part is operated as an optical shutter, and uses the optical response characteristic by the electrical-potential-difference impression by the side of the straight polarity shown in a unipolar electrical-potential-difference impression period, for example, drawing 8, Effectiveness equivalent to the method which makes a time amount numerical aperture 50% or less can obtain by combining the electrical-potential-difference impression period of reversed polarity, for example, the period using the optical response characteristic by the electrical-potential-difference impression by the side of the negative polarity shown in drawing 8. In this way, even if it does not use a complicated circumference circuit etc., it becomes possible to realize the liquid crystal device which carried out the animation progression in quality.

[40] Subsequently, since it is easy about the reversal mechanism of the liquid crystal molecule in the orientation condition of the liquid crystal device of this invention, it explains using the orientation condition of having the Chevron structure. In addition, although the case where smectic layer structure is book-shelf structure substantially, and the case where it is slanting book-shelf structure are assumed in the liquid crystal device of this invention as mentioned above, the fundamental view is the same as that of the case of the Chevron structure.

[41] In order for the liquid crystal molecule 14 to switch between bistability conditions in the state of the orientation of SSFLC shown in drawing 1 and 2, it is required to exceed the energy barrier of predetermined height, and existence of this energy barrier serves as the origin of bistability nature. On the other hand, it is in the condition of having stabilized extremely in the location [ in / the liquid crystal device of this invention ] with the liquid crystal molecule 14

ar the one side of the bistability potential in SSFLC in the state of orientation as shown in drawing 6 . Since the molecule location where a stable state is [ that only one exists but the stable state according to the magnitude of applied voltage exists in analog ] as stable as applied voltage corresponds by one to one by this, continuous and reversal without generation of a domain are realizable.

442] The model of the condition of this energy barrier (potential) is shown in drawing 9 and drawing 10 .

443] Drawing 9 (a) and (b) show the condition of the potential in the bistability orientation condition in SSFLC about that of C1 orientation condition and C2 orientation condition. A1 and A2 show the potential of each condition of a stability condition. The condition of the above-mentioned potential changes a little with C1 orientation and C2 orientation so that more clearly than these Figs. When it is C1 orientation in SSFLC, since the aperture angle of the liquid crystal molecule in a liquid crystal-substrate interface becomes larger than the case where it is C2 orientation (refer to projection drawing 2 (a) and near [ in (b) ] a substrate interface), the height of an energy barrier also becomes high.

444] On the other hand, C1 orientation condition and C2 orientation condition look like [ drawing 10 (a) and (b) ] the addition of the potential in the orientation condition in the liquid crystal device of this invention, respectively, and \*\* is not shown in them. B1 shows the potential (in the case of drawing 6 (b)) of a non-impressed electrical-potential-difference liquid crystal molecule, and the potential (in the case of drawing 6 (c)) of the liquid crystal molecule in the maximum tilt by impression of the electrical potential difference of one polarity [ B-2 ].

445] the orientation condition that the height of the energy barrier between the bistability conditions of C1 orientation and C2 orientation as shown in the case of above-mentioned SSFLC differs is alike, respectively, and it receives, and when one side is stabilized among the conditions of bistability, it will become that from which each drive property is derived. In high C1 orientation condition of especially an energy barrier, as shown in drawing 10 (a), when it is considered as the condition that bistability potential was stabilized extremely on the other hand (B1), while the stable state had remained in two, the condition that one side will be in a metastable state (for the level of potential it compares with a perimeter although it is high, and B-2 is also stability) occurs. Since the stable state according to the magnitude of applied voltage exists in analog and applied voltage and a stable molecule location correspond by one to one by this in the case of the response by electrical-potential-difference impression until it reaches a certain fixed potential, a continuous and orientation condition discontinuous [ although reversal without generation of a domain is realizable ] when a certain fixed potential is exceeded is formed, namely, it may become the discontinuous reversal behavior accompanied by generation of domain Wall.

446] On the other hand, since the energy barrier in the case of being SSFLC of bistability is low in the state of C2 orientation, as shown in drawing 10 (b), also when it considers as the condition of on the other hand (B1) having stabilized extremely, continuous to the condition of B-2 and reversal without generation of a domain have been realized. Furthermore, he can understand that driver voltage tends to become [ the direction of C1 ] high from these drawings.

447] About the orientation condition in the liquid crystal device of the point described above to this invention, it is desirable to use C2 orientation in the cell which carried out parallel rubbing from a viewpoint of the analog gradation fine performance and the reduction in driver voltage. Or when it is in the orientation condition that C1 and C2 are intermingled, also in order to press down these property dispersion to the minimum, it is desirable for a pre tilt angle to be low. Or it is desirable that it is anti-parallel rubbing.

448] In the liquid crystal device of this invention, when it asks for the electrical-potential-difference-permeability wave at the time of triangular wave impression, some hysteresis may exist. However, in driving in an alternating current wave form like [ in the case of the component equipped with actual TFT ], especially since an optical modulation is not continuously carried out from confession voice like [ at the time of triangular wave impression ] to a halftone condition, it does not become a problem. namely, in case an optical modulation is carried out, for example from white from an optical modulation being carried out to halftone according to the property shown in drawing 8 , always carrying out photochromic reversal according to the polarity impressed Since the drive of writing in after always being reset in one polarity at a black side, when an alternating current is impressed since it becomes irregular to the orientation condition halftone after going via a black orientation condition from confession voice is realized, it is hardly theoretically influenced of the hysteresis of a last condition.

449] In the first liquid crystal device of this invention, the hysteresis value in a triangular wave response and gamma value are set as specific level.

450] These hysteresis value and a gamma value are defined below. A triangular wave is impressed to the transparency liquid component from which the outgoing radiation quantity of light is set to 0 at the time of no electrical-potential-difference impressing, when the graph which says to an axis of abscissa as applied voltage, and is said to an axis of ordinate as the quantity of light (the amount of transmitted lights) is drawn, as shown in drawing 16 , an optical response

es not exist to one polar electric field, but an optical response is carried out only to another polar electric field. At this ie, it is common that two of the curves (falling curve) drawn when changing from the curve (starting curve) drawn en changing from a low battery to the high voltage, and the high voltage to a low battery are drawn. Depending on nditions, these two may overlap completely, and they may become one. By this invention, the time of starting a nma value and the quantity of light serving as max in a curve is made into 100% of permeability, the electrical ntential difference which reaches 95% of permeability V5% in the electrical potential difference which reaches 5% of rmeability is made into V95%, and it is defined as  $\gamma = V_{95\%} / V_{5\%}$ . Although this gamma value turns into one ore more values, a threshold property becomes steep and gradation control becomes difficult, so that this value roaches 1. Conversely, if this value is fully larger than 1, the component property excellent in the gradation ntrollability will be realized. With the component of this invention, the value of gamma is set up or more with three, d stable gradation control is enabled.

051] Moreover, the electrical potential difference which reaches 50% of permeability at the time of  $V_u$  and falling in : electrical potential difference [ in / for a hysteresis value / a triangular wave response curve ] which starts and netimes reaches 50% of permeability is defined as  $V_d$ , and when the electrical potential difference of  $(V_u + V_d)/2$  is pressed, two permeability values  $T_u$  [%] acquired [ for ] and the difference  $T_{diff}$  [%] of  $T_d$  [%] are defined as a steresis parameter in this invention. Although it does not need to be related with this hysteresis and it is necessary to dly take into consideration theoretically the effect of [ at the time of a drive actual as mentioned above ], when it omes the big value to which  $T_{diff}$  [%] exceeds about 50%, the drive with the actual effect of a last condition may be luenced.  $T_{diff}$  [%] is [ a potential bistable-element property ] discovered in being large, and this is imagined to be ause for last condition hysteresis to remain after black reset. Therefore, also in the liquid crystal device of this ention, the hysteresis parameter  $T_{diff}$  [%] was evaluated as an index of monostable nature, and it has set up to 50% less.

052] Next, in the second liquid crystal device of this invention, it is a active-matrix liquid crystal device, and the ntaneous polarization value and the allowed value of internal ion are set as specific level. Although this point is plained below, as compared with gate-on time amount, it is late enough, i.e., reversal of the spontaneous polarization thin a gate "on" period and migration of internal ion come out only, and, for a certain reason, the response of liquidystal and internal ion explains [ be / it / under / this explanation / setting ] them as a problem within the holding time er a gate "on" period (severest conditioning will be carried out).

053] Since it is given to the active-matrix cel so that the capacity CS usually called storage capacitance may become : liquid crystal capacity CLC and juxtaposition, when driver voltage VOP is impressed, into a liquid crystal device, : charge of only  $Q = VOP \times (CLC + CS)$  is poured in as a charge Q. Subsequently, after charge impregnation is carried :, ion moves within a cel with the electrical potential difference impressed by reversal of spontaneous polarization and ocation of internal ion, i.e., a active-matrix drive, in a liquid crystal layer in the period (for example, one frame, 1 ld period) of the time of initiation of a 1 certain pixel selection period to the time of initiation of the next selection od, and the phenomenon reconstructed in the direction of cel thickness to new ion distribution \*\*\*\*\*.

054] Since a reversed part of spontaneous polarization is [ a rearranged part of  $2xPS$  and internal ion ]  $Q_t$ , the charge " $2xPS + Q_t$ " will move the movement magnitude of this charge.

055] In addition, the value of PS here may differ from PS value which is a value of the spontaneous polarization ich contributed to change of liquid crystal orientation, and is said with a liquid crystal ingredient physical-properties ue. That is, if it assumes that the liquid crystal molecule was reversed by 50% in the cel in order to obtain meability 50% temporarily, the spontaneous polarization value which contributed to migration of an internal charge l turn into 50% of value of PS value ( $Ps_0$ ) said with a liquid crystal ingredient physical-properties value. However, ce this Ps value becomes equal to  $Ps_0$  when the electrical potential difference more than saturation voltage can be en and all liquid crystal molecules switch, Ps value should just consider PS value of a liquid crystal ingredient ysical-properties value after all.

056] On the other hand, the relocation part  $Q_t$  of internal ion is a part which just involves on actual drive conditions . electrical potential difference and frequency).

057] When the resistance of liquid crystal is low, the amount  $Q_{rest}$  of charges which remains in a cel also with the rge which flows an OMIKKU resistance component decreases. When 60Hz drive is assumed in actually driving T, an one-frame period is 16.7ms. Within this period In order to make the electrical-potential-difference decrement the OMIKKU resistance component 10% or less It is necessary to carry out the volume-resistivity value of liquidystal more than  $5 \times 10^{11}$ -ohmcm (for the real liquid crystal resistance in 2-micrometer cel to be  $1.0 \times 10^8$ ohms) (the acuity of a liquid crystal layer calculates the dielectric constant epsilon of liquid crystal with CR time constant from -6.2 [nF/cm<sup>2</sup>], using 3.5-7, and cel thickness as 1-2 micrometers).

058] On the contrary, if it is in the above-mentioned condition, the factor of others which explain a voltage drop low will become dominant.

059] Hereafter, the voltage drop by factors other than an OMIKKU resistance component is explained.

060] In the amount of charges which remains in the cel after relocation of the completion of switching and internal ion completed,  $Q_{rest}$  becomes  $Q_{rest} = VOPx(CLC+CS) - (2xPS+Qt)$ . And the value  $V_{rest}$  of an internal electrical potential difference is determined from the amount of residual charges expressed with the upper type, and the electrical-potential-difference retention HVR is determined by the ratio of this value and applied voltage VOP. That is, it becomes  $V_{rest}/VOP = [(CLC+CS)/VOP] = 1 - (2xPS+Qt)/\{VOPx(CCL+CS)\}$ . [  $\{VOPx(CLC+CS) - (2xPS+Qt)\}$  ]

061] As a common liquid crystal display, the capacity of a liquid crystal layer sets 1.3-5.3 [nF/cm<sup>2</sup>], and the drive maximum electrical potential difference to 5V supposing the matrix drive (an one-frame period is 16.7ms) of 60Hz wave, using 3-6, and cel thickness as 1-2 micrometers for the dielectric constant epsilon of liquid crystal. At this time, the maximum of "Qt" of an upper type serves as Qt measured within the pulse for 5V and 16.7ms. Here, in order to secure a numerical aperture above to some extent supposing the XGA-SXGA panel of 10-20 inch size, it is necessary to take retention volume CS into less than 5 times of the capacity CLC of a liquid crystal layer.

062] It is necessary to make "2xPS+Qt" of an upper type below into 30 [nC/cm<sup>2</sup>] as 50% or more as a value with desirable electrical-potential-difference retention. Moreover, as a more desirable value of electrical-potential-difference retention if 80% or more, it is necessary to make "2xPS+Qt" below into 12 [nC/cm<sup>2</sup>].

063] Moreover, it is necessary to set up the mobility value of TFT so that charge impregnation of only VOPx CLC+CS may be completed in a gate "on" period (a gate "on" period is a minimum of 16.3 microseconds when a XGA-SXGA panel is assumed).

064] As stated above, it is necessary to choose a liquid crystal ingredient and an orientation film ingredient suitably low 30 [nC/cm<sup>2</sup>], in order to make the value of "2xPS+Qt" below into 12 [nC/cm<sup>2</sup>] especially preferably, the additions of such an amount of ion, and, and to perform purification etc. if needed.

065] If the "content ratio of an ester frame compound" is 50% or less when it inquires wholeheartedly paying attention the content ratio of the compound which has the ester frame in a liquid crystal constituent, especially this invention reasons Can make below into 30 [nC/cm<sup>2</sup>] effective-Q t measured within the pulse for 5V and 16.7ms, and if the content ratio of an ester frame compound is 20% or less further The result which can make below 12 [nC/cm<sup>2</sup>] effective-Q t measured within the pulse for 5V and 16.7ms was obtained.

066] Here, since magnitude of PS was able to be set up almost freely by changing the ratio of a chiral component (0 - dozens of), the case where PS was close to the minimum value 0 was assumed.

067] In addition, carrying out an alternating current drive is indicated by JP,6-105332,B using the liquid crystal ingredient which has a Ch phase-SmC\* phase transition sequence about the liquid crystal device which can take a most stable condition at the time of no electrical-potential-difference impressing. However, in a liquid crystal device even in the official report concerned, if applied-voltage-transmitted light reinforcement is seen, the electrical-potential-difference range which has a memory condition exists, a hysteresis is also large, and the method of a transmission rise or the increment in applied voltage also has a threshold substantially, and because it is steep, even if it uses a active-matrix drive, stable gradation control cannot be performed. Moreover, from a viewpoint that the ester system compound used as a principal component as a liquid crystal ingredient, removal of the impurity in a liquid crystal ingredient is difficult, liquid crystal purity cannot be made high enough with a component given [concerned] in an official report, and the electrical-potential-difference retention in a active-matrix drive cannot be secured to the drive concerned, it is suitable.

068] Hereafter, with reference to drawing 11, 1 operation gestalt of the liquid crystal device of this invention is obtained.

069] In the liquid crystal device 80 shown in this drawing, the cel which pinched the liquid crystal 85 in which a nematic smectic phase is shown between substrates which consist of ingredient with high transparency, such as glass [of a type] and plastics, 81a, and 81b has structure fastened between polarizing plate 87a of the pair the pair and the polarization shaft crossed at right angles mutually, and 87b.

070] The electrodes 82a and 82b which become Substrates 81a and 81b from ingredients, such as In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> for impressing an electrical potential difference to liquid crystal 85, respectively and ITO, are formed for example, in the shape of a stripe, and these cross mutually and form matrix electrode structure (simple matrix). Moreover, it is desirable to arrange a dot-like transparent electrode in the shape of a matrix to a substrate so that while may mention later, to connect switching elements, such as TFT and MIM (Metal-Insulator-Metal), to each transparent electrode, to prepare counter-electrode of the whole surface top of the substrate of another side or a predetermined pattern, and to make it active-matrix structure.



71] On electrode 82a and 82b, the insulator layers 83a and 83b which consist of an ingredient with the function of preventing these short-circuit if needed of SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, and Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> grade are formed, respectively.

72] Furthermore, on insulator layer 83a and 83b, liquid crystal 85 is touched and the orientation control film 84a and 84b which functions in order to control the orientation condition is formed. Uniaxial orientation processing is performed at least one side of these orientation control film 84a and 84b. As this film, the method vacuum evaporation of film of inorganic material which vapor-deposited oxides, such as a thing which performed rubbing processing for example, the direction of the arrow head A shown in this drawing), or SiO, and a nitride from across at an angle of determined to the substrate can be used for the front face of the film which carried out solution coating of the organic materials, such as polyimide, polyimidoamide, a polyamide, and polyvinyl alcohol, for example. In addition, about the orientation control film 84a and 84b, the pre tilt angle (include angle made to a film surface near the orientation control interface of a liquid crystal molecule) of the molecule of liquid crystal 85 is adjusted according to the conditions of selection of the ingredient, and processings (uniaxial orientation processing etc.) etc.

73] Moreover, when the orientation control film 84a and 84b is film with which uniaxial orientation processing was made by each, it can set up so that it may cross parallel, anti-parallel, or in 45 degrees or less according to the liquid crystal ingredient using the uniaxial orientation processing direction (especially the direction of rubbing) of each film.

74] In addition, since it is considered to be the origin of uniaxial orientation regulation that the organic orientation is enough extended for the value of a retardation in one [ at least ] substrate as orientation control film, using the organic film, it is desirable to consider as the magnitude of 0.05nm or more.

75] In the liquid crystal device of this invention, it is needed for monostable-izing of the liquid crystal molecule at the time of no electrical-potential-difference impressing (average molecule shaft) that uniaxial orientation restraining force is large enough. The method of evaluating orientation restraining force using cholesteric liquid crystal is proposed by Uchida and others (Liquid Crystals, 5, p.1127 (1989)) about this orientation restraining force. That is, orientation restraining force can be evaluated by evaluating "effective angle of torsion" determined by the torque balance of the vertical pitch in a cholesteric phase, and orientation restraining force. This invention also defines this uniaxial orientation restraining force as follows using this idea. If the cholesteric pitch in Ch phase is made into p and the cell thickness dg when Ch phase exists in the component of this invention, when orientation restraining force does not exist, if angle-of-torsion [ within a cel ] phi, it will become relation  $2\pi [ dg/p = \phi / ]$  Unrelated. Moreover, in the vertical substrate, uniaxial orientation regulation is carried out in parallel, and phi becomes zero when orientation restraining force is infinite. In addition, the value of this phi can be easily evaluated by measuring optical activity under a polarization microscope like Uchida's and others report. Namely, in a cel, it has larger virtual pitch  $p^* (= 2\pi - dg/\phi)$  than the original pitch p according to orientation restraining force, and orientation restraining force can also be put in another way as infinite at the time of orientation restraining force zero and  $p^* = \infty$  at the time of  $p^* = p$ .

76] It is desirable to be set to  $p^* \geq 2xp$  at least in this invention for monostable-izing. Being set to  $p^* \geq 10xp$  is more desirable. It is desirable to adjust suitably uniaxial orientation processing conditions (rubbing conditions etc.), orientation thickness, an orientation membrane type, baking conditions, etc. in consideration of what serves as these uses.

77] Substrates 81a and 81b have countered through a spacer 86. This spacer 86 determines the distance between substrates 81a and 81b (cell gap), and a silica bead etc. is used. Although the optimal range and an upper limit change with differences in a liquid crystal ingredient about the cell gap determined here, it is desirable to set it as the range of 1-10 micrometers in order to make uniform uniaxial orientation nature and the orientation condition which sets the same the shaft of the average direction of an orientation processing shaft as the average molecule shaft of a liquid crystal molecule substantially mostly at the time of no electrical-potential-difference impressing discover.

78] The adhesion particle which consists of resin ingredients, such as an epoxy resin, etc. can also be distributed in order in addition to a spacer 86 to raise the adhesive property between substrate 11a and 11b and to raise the shock resistance of the liquid crystal in which a chiral smectic phase is shown (not shown).

79] In the liquid crystal device 80 of the above-mentioned structure, about the liquid crystal 85 in which a chiral smectic phase is shown If the content ratio of the compound which adjusts the presentation of the ingredient and has the same frame preferably is 50% or less Furthermore, by setting up suitably the ingredient of processing of a liquid crystal ingredient or the component configuration 84a and 84b, for example, orientation control film, processing conditions, etc. As shown in above-mentioned drawing 3 (b), drawing 6, and 7, in the time of no electrical-potential-difference impressing The average molecule shaft (liquid crystal molecule) of this liquid crystal is substantially in agreement with an average of 1 shaft orientation processing shaft, and the orientation condition made monostable is shown. Whenever [ on the basis of the location where an average molecule shaft is made monostable according to the magnitude of applied voltage at the time of one polar (the first polarity) electrical-potential-difference impression in the

ie of a drive / tilt angle ] changes continuously. At the time of polar (the second polarity) electrical-potential-difference impression of another side, the average molecule shaft of liquid crystal is substantially in agreement with an average uniaxial orientation processing shaft like the time of no electrical-potential-difference impressing, and it carries out for showing a property which does not carry out a tilt with the magnitude of applied voltage, either. The condition of having disappeared memory nature with the SmC\* phase by processing of 1-4 preferably mentioned above using what shows the phase transition sequence of an I phase-Ch phase-SmC\* phase or the phase transition sequence of an I phase-SmC\* phase under the temperature fall as a liquid crystal ingredient in which a chiral smectic phase is shown is formed.

080] Furthermore, it considers as a setup of gamma and a hysteresis TERISU property which were mentioned above, and the amount of ion by adjustment of a liquid crystal ingredient etc.

081] In addition, it is desirable to set up the whorl pitch in the PARUKU condition of liquid crystal which shows a chiral smectic phase the more than twice of a cell gap.

082] It is controllable by the property as shown at drawing 8 with the change with such a tilt angle continuous prepare a polarizing plate in one side at least, arrange a cell so that it may be in the maximum dark condition in the state of no electrical-potential-difference impressing, and ] at the time of electrical-potential-difference impression of substrates 81a and 81b under such a property in analog with the amount of transmitted lights of a component (outgoing radiation quantity of light) to electrical-potential-difference change.

083] In the liquid crystal device concerned, it is good also as an electrochromatic display component which resembled one side of Substrates 81a and 81b, and prepared the color filter of R, G, and B at least.

084] In addition, the liquid crystal device of the transparency mold with which the liquid crystal device concerned prepared the polarizing plate of a pair in the substrate of both substrates 81a and 81b, Namely, the component of the device are the substrate of translucency, and whose all of Substrates 81a and 81b modulate the incident light (for example, light by the external light source) from one substrate side, and it carries out outgoing radiation to the other side, Or use a flexibility ingredient for the member which forms a reflecting plate in a liquid crystal device [ which prepared the polarizing plate in one substrate / of a reflective mold ], i.e., either of substrates [ 81 ] and 81b, side, or is prepared in the substrate itself or substrate, and incident light and the reflected light are modulated. It is applicable to all of the component of the type which carries out outgoing radiation of the light to the same side as incident light.

085] The liquid crystal display component which uses the property that prepare the drive circuit which supplies a gradation signal to an above-mentioned liquid crystal device, and change of whenever [ from the monostable location of the average molecule shaft of liquid crystal / continuous tilt angle ] and the amount of transmitted lights of a liquid crystal part change with impression of an electrical potential difference which was mentioned above continuously, and forms a gradation display can consist of this inventions. For example, an analog gradation display is attained using an active-matrix substrate equipped with TFT which was mentioned above as one substrate of a liquid crystal device by forming the active-matrix drive by amplitude modulation in a drive circuit.

086] With reference to drawing 12 -14, the example using such a active-matrix substrate is explained in the liquid crystal device of this invention.

087] Drawing 12 is the form equipped with the driving means, and shows the component concerned typically focusing the configuration of one substrate (active-matrix substrate).

088] In the panel section 90 which is equivalent to a liquid crystal device with the configuration shown in drawing 12 the gate line G1 of the direction of drawing waterworks Taira equivalent to the scanning line connected with the scan signal driver 91 which is a driving means, and G2 --. It is prepared so that it may intersect perpendicularly, where S2 -- insulated mutually, the source line S1 of the drawing top lengthwise direction equivalent to the information signal line connected with the information signal driver 92 which is a driving means. The thin film transistor (TFT) 94 and the pixel electrode 95 which are equivalent to a switching element corresponding to the pixel of each of that intersection are prepared (this drawing shows only a 5x5-pixel field for simplification). In addition, it is MIM (a component can also be used.) besides TFT as a switching element. The gate line G1 and G2 -- are connected to the gate electrode (not shown) of TFT94, the source line S1 and S2 -- are connected to the source electrode (not shown) of TFT94, and the pixel electrode 95 is connected to the drain electrode (not shown) of TFT94. It sets in this configuration and they are the gate lines G1 and G2 by the scan signal driver 91. -- For example, scan selection is made, gate voltage is supplied to line G1, and synchronizing with scan selection of this gate line, from the information signal driver 92, the information signal electrical potential difference according to the information written in each pixel is supplied to the source line S1 and S2 --, and is impressed to each pixel electrode through TFT94.

089] Drawing 13 shows an example of the cross-section structure of each pixel part (1 bit) in a panel configuration as shown in drawing 12 . Between the active-matrix substrate 20 equipped with TFT94 and the pixel electrode 95, and the



posite substrate 40 equipped with the common electrode 42, the liquid crystal layer 49 which has spontaneous lization is pinched, and the liquid crystal capacity (CLC) 31 consists of structures shown in this drawing.

90] About the active-matrix substrate 20, the example which used the amorphous silicon TFT as TFT94 is shown. TFT94 is formed on the substrate 21 which consists of glass etc., the a-Si layer 24 is formed through the insulator layer (the dielectric film) 23 which consists of ingredients, such as silicon nitride ( $\text{SiN}_x$ ), on the gate line G1 shown in drawing 12, and the gate electrode 50 linked to G2 --, and on this a-Si layer 24, through the n+a-Si layers 25 and 26, the source electrode 27 and the drain electrode 28 estrange mutually, and are prepared, respectively. It connected with the source line S1 shown in drawing 12, and S2 --, and the source electrode 27 has connected the drain electrode 28 to the pixel electrode 95 which consists of transparence electric conduction film, such as ITO film. Moreover, the channel protective coat 29 has covered the a-Si layer 24 top in TFT94. In the period when scan selection of the corresponding line was made, a gate pulse will be impressed to the gate electrode 22, and this TFT94 will be in an ON state.

91] Furthermore, in the active-matrix substrate 20, retention volume (CS) 32 is formed in the forms of the liquid crystal layer 50 and juxtaposition according to the structure which pinched the insulator layer 23 (the insulator layer on the gate electrode 22, and film prepared for the continuation target) with the pixel electrode 95 and the retention volume electrode 30 prepared in the glass substrate side of this electrode. Since a numerical aperture falls when the area is large, retention volume electrode is formed with transparence electric conduction film, such as ITO film.

92] On TFT14 of the active-matrix substrate 20, and the pixel electrode 95, orientation film 32a to which uniaxial orientation processing of the rubbing processing for controlling the orientation condition of liquid crystal etc. was formed is prepared.

93] On the other hand, in the opposite substrate 40, the laminating of the orientation film 32b for controlling the common electrode 42 and the orientation condition of liquid crystal by the same thickness as the whole surface on a glass substrate 41 is carried out.

94] In addition, the above-mentioned cellular structure is pinched between the polarizing plates of the pair which has relation a relation and a polarization shaft crossed at right angles mutually (not shown).

95] In the pixel part of the panel of the above-mentioned structure, the liquid crystal which has spontaneous lization, for example, the liquid crystal which presents a chiral smectic phase, is used as a liquid crystal layer 49. And the liquid crystal layer 49 is set up so that drawing 3, an orientation condition as shown in 6, 7, and 8, and an optical property may be shown.

96] In addition, in a panel configuration as shown in drawing 12 and 13, the substrate equipped with polycrystal Si (Si) TFT can be used as a active-matrix substrate.

97] The equal circuit of the pixel part of the panel shown in drawing 13 is shown in drawing 14.

98] The active-matrix drive which used the property in the liquid crystal device of the above-mentioned structure with reference to drawing 14 and drawing 15 is described. In the active-matrix drive in the liquid crystal equipment of this invention, the period (one frame) for displaying the information set, for example to 1 pixel is divided into two or more fields (for example, 1F and 2F which are shown in drawing 15), and the condition according to predetermined information is formed on the average in the these 2 field. Below, the example divided into the 2 fields in case an optical property as the liquid crystal layer 49 shows to drawing 8 is shown is explained.

99] When drawing 15 (a) pays its attention to 1 pixel, it shows the electrical potential difference impressed to 1 gate line used as the scanning line linked to the pixel concerned. With the liquid crystal equipment of the above-mentioned structure, they are the gate lines G1 and G2 for every field. -- For example, it will be chosen by line sequential, the predetermined gate voltage  $V_g$  will be impressed to 1 gate line in a selection period  $T_{on}$ , an electrical potential difference  $V_g$  will join the gate electrode 22, and TFT94 will be in an ON state. An electrical potential difference does not join the gate electrode 22 at the non-selection period  $T_{off}$  equivalent to the period when other gate lines are chosen, TFT12 will be in a high resistance condition (OFF state), the same predetermined gate line is chosen for every  $T_{off}$ , 1 gate voltage  $V_g$  is impressed to the gate electrode 22.

100] Drawing 15 (b) shows the electrical potential difference  $V_s$  impressed to the information signal line (source line) of the pixel concerned. As drawing 15 (a) shows, when gate voltage is impressed to the gate electrode 22 in a selection period  $T_{on}$  in each field, the predetermined source electrical potential difference (information signal electrical potential difference)  $V_s$  (let a reference potential be the potential  $V_c$  of the common electrode 42) is impressed to the source electrode 27 from the source line S1 used as the information line which connects with the pixel concerned synchronizing with this, and S2 --.

101] Here, in the first field (1F) which constitutes one frame, the source electrical potential difference (information signal electrical potential difference) (let a reference potential be the potential  $V_c$  of the common electrode 42) of the right polarity of the level  $V_x$  according to the optical condition or display information (transmission) which it is

ing to acquire by the pixel concerned based on an electrical-potential-difference-transmission property as shown in drawing 8 according to the information written in the pixel concerned, for example, the liquid crystal to be used, is pressed. Since TFT14 is an ON state at this time, the electrical potential difference  $V_x$  impressed to the above-mentioned source electrode 27 is impressed to a pixel electrode (95) through the drain electrode 28, charge is made by liquid crystal capacity (Clc) 31 and retention volume 32 (Cs), and the potential of a pixel electrode becomes the information signal electrical potential difference  $V_x$ . Then, since TFT14 serves as high resistance (OFF state) in the non-selection period  $T_{off}$  of the gate line by which the pixel concerned belongs, with a liquid crystal cell (liquid crystal capacity Clc) 31 and retention volume (Cs) 32, the condition that the charge charged in the selection period  $T_{on}$  was accumulated is maintained, and an electrical potential difference  $V_x$  is held at this non-selection period. and the liquid crystal layer 49 in the pixel concerned -- the 1st -- an electrical potential difference  $V_x$  is impressed through the period field 1F.

[02] Next, in the selection period  $T_{on}$  of the second field (2F), the source electrical potential difference ( $-V_x$ ) which polarity is reverse and has the same electrical-potential-difference value  $V_x$  substantially is impressed to the source electrode 27 in the first field 1F. At this time, TFT14 is an ON state and it is an electrical potential difference to the pixel electrode 95.  $-V_x$  is impressed, charge is made by the liquid crystal capacity (Clc) 31 and retention volume 32 (Cs), and the potential of a pixel electrode is an information signal electrical potential difference.  $-V_x$  is set to  $V_x$ . Then, the condition that the charge charged in the selection period  $T_{on}$  was accumulated in this non-selection period with a liquid crystal cell (liquid crystal capacity Clc) 31 and retention volume (Cs) 32 since TFT14 served as high resistance (OFF state) in the non-selection period  $T_{off}$  is maintained, and it is an electrical potential difference.  $-V_x$  is held. And it is the 2nd field 2F period pass in the liquid crystal layer 49 in the pixel concerned, and is an electrical potential difference.  $-V_x$  is impressed.

[03] Drawing 15 (d) shows typically the actual optical response (optical response in the case where a transparency liquid crystal device is carried out) of the liquid crystal in the pixel concerned for the electrical-potential-difference value  $V_{pix}$  which drawing 15 (c) is actually held at liquid crystal capacity and retention volume of the pixel concerned which were mentioned above, and is impressed to the liquid crystal layer 49. As shown in (c), applied voltage is only the same level (absolute value)  $V_x$  which the polarity reversed mutually through the 2 fields 1F and 2F. on the other hand, it is shown in (d) -- as -- the first -- in field 1F, the gradation display condition (the amount of transmitted lights) according to  $V_x$  obtains based on the property shown in drawing 8 -- having -- the second -- in field 2F, the amount of transmitted lights serves as 0 level substantially by  $-V_x$ . Therefore, in one frame in the whole,  $T_x$  and the amount of transmitted lights which averaged 0 are obtained.

[04] While the gradation display based on good high-speed responsibility is attained by the case where the liquid crystal in which a chiral smectic phase is shown is used in a active-matrix drive which was mentioned above, in order to provide into the first field of the high amount of transmitted lights, and the second field of the low amount of transmitted lights the gradation display of the level which is 1 pixel and to perform it continuously, a time-amount numerical structure becomes 50 % or less, and the animation high-speed response characteristic which human being's eyes sense becomes good. Moreover, since the electrical potential difference of the same level inverts in the first and the second field and it is impressed by the liquid crystal layer 49, the electrical potential difference actually impressed to the liquid crystal layer 49 is alternating-current-ized, and degradation of liquid crystal prevents.

[05] choosing and impressing the electrical-potential-difference value which can obtain the amount of transmitted lights only with big predetermined level according to the image information (gradation information) which it is actually going to obtain by the pixel concerned with the frame concerned about the information signal electrical potential difference  $V_s$  in accordance with the property shown in drawing 8 for the above-mentioned mechanism -- it is -- the first in field 1F, it is desirable to display the gradation condition in the amount of level transmitted lights higher than a desired gradation condition.

[06]

(Example 1)

(Production of a liquid crystal cell) Thickness 1.1 which formed the 700A ITO film as a transparent electrode (electrode face product 1cm<sup>2</sup>) The glass substrate of a pair was prepared. After applying SE-7992 (the Nissan chemistry company make) of marketing with the spin coat method as TFT orientation film on the transparent electrode of this substrate and performing predrying for [ 80 degrees-C ] 5 minutes after that, heating baking was given at 200 degrees C 1 hour, and the polyimide coat of 200A of thickness was obtained. In addition, when commercial KN5015LA (Nisso Corp. make) was poured in as a high grade liquid crystal ingredient for TFT into the cell using this orientation film and the amount of ion was measured, it had become below the measurement limitation. Therefore, suppose that it is considered from it being thought that there is no generating of the impurity ion from this orientation film that all the

counts of the impurity in the following examples are the amounts of impurity ion which the liquid crystal ingredient itself has.

[07] Then, rubbing processing by nylon cloth was performed as uniaxial orientation processing to the polyimide film on the substrate concerned. The conditions of rubbing processing are a path 10. The rubbing roll which stuck nylon (NF-Teijin make) on the roll is used, and it is the amount 0.3 of pushing. It is considered as 10/sec of feed rates, rotational frequency 1000rpm, and four counts of delivery.

[08] Then, sprinkled the silica bead of 1.6 micrometers of mean diameters, it was made to counter as a spacer, on one substrate, so that the rubbing processing direction of each substrate may serve as anti-parallel (antiparallel) mutually, and the cell (empty cell of a single pixel) of a uniform cell gap (1.55 micrometers) was obtained.

[09] In addition, it was 0.08nm when the birefringence phase contrast (retardation) of this cell was measured by the following approach.

[10] The measurement of potential-index-of-refraction phase reference (retardation) is as follows.

[11] Equipment is ORC Manufacturing Make. Automatic birefringence measuring device ADR-300 LC-A was used. This equipment consists of a X-Y automatic positioning stage and a body with exclusive optical system and a wall box, control personal computer, etc. Moreover, optical system is using helium-Ne laser.

[12] Measurement carries out incidence of the laser at 0 degree (vertical incidence) of angles of incidence, rotates 360 degrees of stages which set the measurement board, and is calculating and calculating the index ellipsoid from the value of the detected birefringence phase contrast.

[13] Actual measurement was performed as follows.

[14] To the ITO substrate of 75 angles, the orientation film was applied and calcinated by predetermined thickness, and it set in this equipment. This is a thing except the effect of the birefringence of a glass substrate and an orientation on substrate to perform for accumulating (background measurement).

[15] Here, it set to 0 degree tilt angle of 0 degree of incidence azimuths, the refractive index of the predetermined orientation film and thickness were inputted, and measurement was started. The measure point at this time measured 81 counts, and obtained that average.

[16] Next, this substrate was taken out, rubbing was carried out on condition that predetermined, and same actuation was performed. Predetermined birefringence phase contrast (retardation) is searched for by lengthening the birefringence phase contrast data of the background from the birefringence phase contrast data after measurement and rubbing.

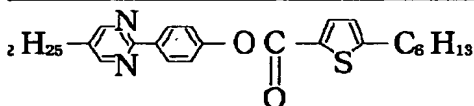
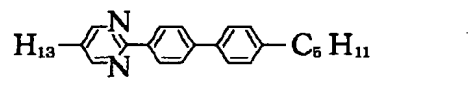
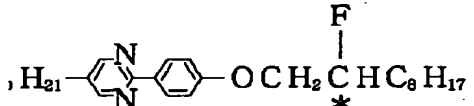
[17] (Creation of a active-matrix cell) It considers as the active-matrix substrate which has a-SiTFT further equipped with the silicon nitride film by using one substrate as gate dielectric film using the same ingredient as the above and the transparent electrode of conditions, and the polyimide orientation film, and has the color filter of R, G, and B in one substrate, and the active-matrix cell (panel) of the pixel structure shown in [drawing 10](#) was produced. In addition, the storage capacitance (CS) in TFT was set up so that it might be 5 times the capacity (CLC) of each liquid crystal. The screen size set 10.4 inches and the number of pixels to 800x600xRGB.

[18] (Preparation of a liquid crystal constituent) The following liquid crystallinity compound was mixed by the following weight ratio, respectively, and liquid crystal constituent A-G was adjusted.

[19]

Table 1]

表 1

	A	B	C	D	E	F	G
$\text{H}_{25}$ - 	80	60	40	30	20	10	5
$\text{H}_{13}$ - 	15	35	55	65	75	80	90
$\text{H}_{21}$ - 	5	5	5	5	5	5	5

[20] The whorl pitch in spontaneous polarization [ in / for the phase transition temperature at the time of the nperature fall from an isotropic phase / Tc-T=10 degree C ], a tilt angle, and a SmC\* phase is shown in Table 2 in ble 3 as a physical-properties parameter of above-mentioned liquid crystal constituent A-G.

[21]  
able 2]

表 2

	A	B	C	D	E	F	G
b転移	100.5	113.7	126.6	133.5	139.9	146.6	149.9
mC*転移	63.2	60.6	59.8	62.2	64.6	68.8	72.8
ry転移	13.3	- 12.3	- 15.5	- 16.0	- 11.7	9.7	18.1

[22]  
able 3]

表 3

	A	B	C	D	E	F	G
発分極 (nC/cm <sup>2</sup> )	2.7	2.4	2.1	2.1	1.8	1.8	1.7
ルト角 (°)	25.3	24.5	23.7	23.9	23.8	23.7	23.1
mC*相でのらせん ッチ (μm)	20以上	20以上	20以上	20以上	20以上	20以上	20以上

[23] Liquid crystal constituent A-G was poured into each of the single pixel cel (1) produced in the above-mentioned process, and a active-matrix cel (2) at the temperature of an isotropic phase, liquid crystal was cooled to the temperature which shows a chiral smectic liquid crystal phase, and liquid crystal device sample A (1) - G (1), A (2) - G (2) were produced, respectively. Processing which impresses the offset (direct current) electrical potential difference of -3V before and after Ch-SmC\* phase transition, and is cooled was performed at the time of this cooling. The following situation was performed about this sample.

[24] 1. Orientation condition component sample A (1) Polarization microscope observation was performed about the entation condition of the liquid crystal of -G (1).

[25] Consequently, the almost uniform orientation condition that were in the orientation condition that the maximum \*\* becomes almost parallel to the direction of rubbing, and the direction of a layer normal had only an one direction the whole cel was observed.

[26] 2. It has arranged so that a cel may be set with a polarization microscope with a photomultiplier under a cross col's prism, a polarization shaft may be set in the direction of rubbing about component sample A (1) - G (1) and it y become dark field, in order to measure the electro-optics response which a triangular wave response liquid crystal vice shows.

[27] When the optical response at the time of impressing a triangular wave (\*\*5V and 0.2Hz) to this in Tc-T=10 ree C was observed, and the response to straight polarity raised electrical-potential-difference reinforcement, on the er hand, it turned out to the amount of transmitted lights increasing gradually according to it that the amount of asmitted lights does not change from the black condition at the time of no electric-field impressing substantially by response to negative polarity.

[28] Moreover, when the electrical potential difference was cut from the condition (white display) which impressed straight polarity electrical potential difference, easing to a black condition (switching) was checked.

[29] Moreover, the threshold to which gamma characteristics are loose and start also in which component sample has ulted in not existing clearly as this optical response shows. Namely, when the electrical potential difference to which amount of transmitted lights reaches 95% of the amount of the maximum transmitted lights V5% in the electrical ential difference to which the amount of transmitted lights reaches 5% of the amount of the maximum transmitted its in a standup curve was made into V95% and it was defined as gamma=V 95%/V5%, as for the value of gamma, e or more values were shown also in which component sample. This result shows excelling in continuation story ality.

[30] Subsequently, the amount of hystereses was evaluated. When the electrical potential difference to which the ount of transmitted lights reaches 50% of the amount of the maximum transmitted lights at the time of Vu and falling he electrical potential difference in a triangular wave response curve to which it starts and the amount of transmitted

hts sometimes reaches 50% of the amount of the maximum transmitted lights was defined as  $V_d$  here and the critical potential difference of  $(V_u + V_d)/2$  was impressed here, the difference  $T_{diff}$  of the two amount values  $T_u$  and of transmitted lights acquired [ for ] was evaluated about each sample. A result is shown in Table 4.

[31]  
able 4]

表 4

	A	B	C	D	E	F	G
diff (%)	71	56	36	22	16	2	7

[32] Although it is what the value of a hysteresis is over 50 (%) and a problem produces to the gradation display in a TFT drive from this result about component sample A (1) and B (1), about the component sample C (1) - G, the hysteresis can also expect the small good gradation display engine performance.

[33] 3. Square wave response component sample A (1) Optical level was measured impressing a 60Hz square wave changing an electrical potential difference (the range of +5V--5V) about -G (1), using the same equipment as a angular wave response.

[34] Consequently, it was possible to have changed an intensity level by all components answering only the electrical potential difference of straight polarity, and changing a voltage level. However, since the above-mentioned hysteresis is large about component sample A (1) and B (1), the optical response was the component from which the halftone bilized depending on the last condition cannot be acquired.

[35] To it, about the component sample C (1) - G (1), since the above-mentioned hysteresis was small, it has checked at the halftone which did not depend for the optical response on the last condition, but was stabilized was acquired. Therefore, about the component sample C (1) - G (1), an analog gradation display is possible by the amplitude modulation by TFT active-matrix drive.

[36] Moreover, the build up time by square wave electrical-potential-difference (all saturation voltage is about 5v) impression of this straight polarity (time amount which serves as 90% of permeability of the permeability which it is ing to obtain by predetermined electrical-potential-difference impression from the maximum dark condition), The ed of response in falling time amount (time amount which serves as 10% of permeability of the permeability icerned from the saturation permeability condition in a predetermined electrical potential difference) On the occasion high-voltage (about 5V) impression, on the occasion of low-battery (about 1V) impression, it was 0.6 - 0.9ms, and - 0.3ms, respectively, it was 1.6 - 2.1ms, and 0.3 - 0.5ms, respectively, and even if compared with switching with a nmon nematic liquid crystal, high-speed responsibility was checked.

[37] 4. About measurement component sample [ of the amount of ion, and electrical-potential-difference retention ] A - G (1), a rearranged part ( $Q_t$ ) and the electrical-potential-difference retention of the internal ion in  $T_c - T = 10$  degree and the real liquid crystal resistance in a cel were measured.

[38] A result is shown in Table 5 - 7. Here, although the volume-resistivity value of the liquid crystal in Table 6 is a ue measured in cel gap 2micrometer aluminum electrode cel, it is nearly completely in agreement with the value nputed from the real liquid crystal resistance of component sample A (1) - G (1). Moreover, time constant count of calculation electrical-potential-difference retention in Table 7 is carried out from the real liquid crystal resistance l liquid crystal capacity (2nF) in a cel.

[39] Applied voltage was set to \*\*5V at measurement using the liquid crystal electrical-potential-difference retention ing system (VHR-1A / smooth S form) by TOYO [ Corp. ] Corp., and the liquid crystal cell ion density gaging tem, the value of the internal electrical potential difference after 16.7msec(s) was measured from the time of gate al OFF, and it asked for the electrical-potential-difference retention in each sample by computing the ratio of plied-voltage 5V.

[40]  
ble 5]

表 5

	A	B	C	D	E	F	G
(nC/cm <sup>2</sup> )	46	35	23	14	7.8	5.2	3.9

[41]  
ble 6]

表 6

	A	B	C	D	E	F	G
圧保持率 (%)	12	31	53	66	81	84	88

[42]  
able 7]

表 7

	A	B	C	D	E	F	G
ル中での実 晶抵抗値 ( $\Omega$ )	$2.8 \times 10^9$	$3.7 \times 10^9$	$5.1 \times 10^9$	$6.6 \times 10^9$	$7.2 \times 10^9$	$8.7 \times 10^9$	$1.0 \times 10^{10}$
積抵抗値 ( $\Omega$ )	$1.8 \times 10^{12}$	$2.4 \times 10^{12}$	$3.3 \times 10^{12}$	$4.3 \times 10^{12}$	$4.6 \times 10^{12}$	$5.6 \times 10^{12}$	$6.5 \times 10^{12}$
抗成分から 算される電 保持率 (%)	97.1	97.8	98.4	98.7	98.8	99.0	99.2

[43] 5. Subjectivity evaluation of the image quality evaluation of a panel was carried out using sample A (2) which is active-matrix panel using the panel evaluation TFT - G (2). The result is shown in Table 8.

[44]  
able 8]

表 8

	A	B	C	D	E	F	G
面の明るさ (表示)	非常に 暗い	暗い	やや 暗い	やや 暗い	明るい	明るい	明るい
調安定性 (再現性)	悪い	やや 悪い	良好	良好	良好	良好	良好
像	あり	少し あり	なし	なし	なし	なし	なし
画像表示	×	×	良好	良好	良好	良好	良好

[45] Although C (2) and D (2) are a little dark as this result shows, there is no problem of color reproduction nature or after-image, and the high-definition liquid crystal display also with the good display of the dynamic image by the high-speed response engine performance can be realized. Furthermore, the high-definition liquid crystal display also with E (2), F (2), bright G (2), and the good display of the color reproduction nature and the dynamic image which an after-image does not have, either is realized.

[46]  
Effect of the Invention] According to this invention, as explained in full detail above, it is a liquid crystal device using liquid crystal in which a chiral smectic phase is shown, and a high-speed response and gradation control are possible, and the liquid crystal device excellent in the quality of an animation is offered.

translation done.]

## NOTICES \*

pan Patent Office is not responsible for any  
 mages caused by the use of this translation.

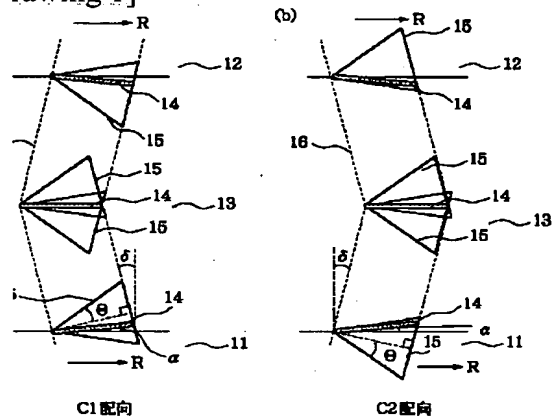
This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

\*\*\* shows the word which can not be translated.

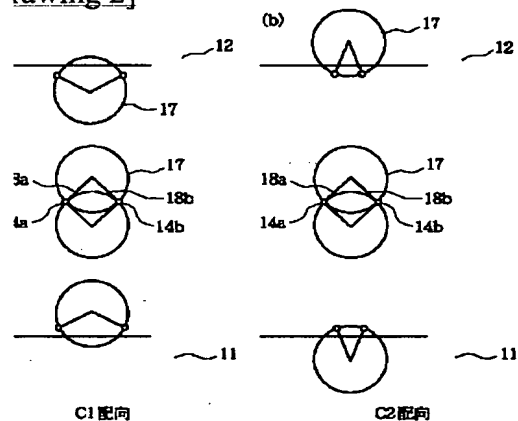
n the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

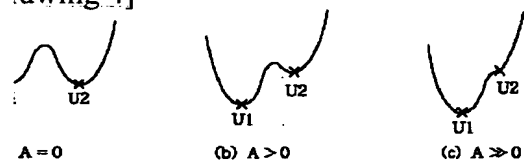
rawing 1]



rawing 2]



rawing 4]



rawing 5]

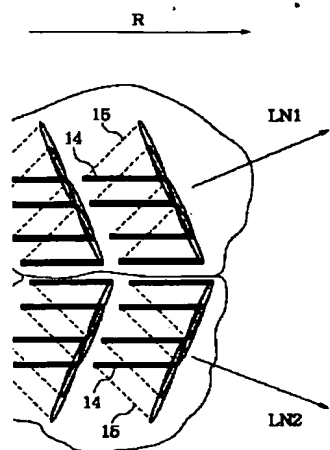


Figure 8]

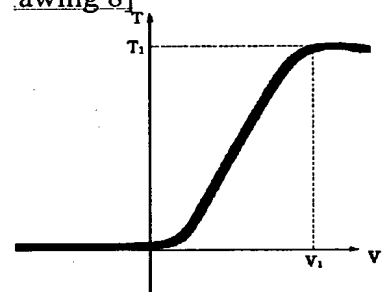


Figure 3]

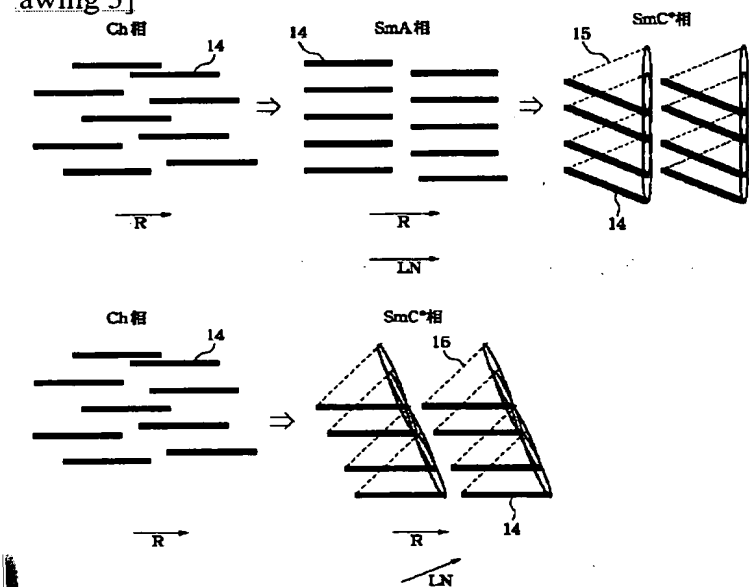
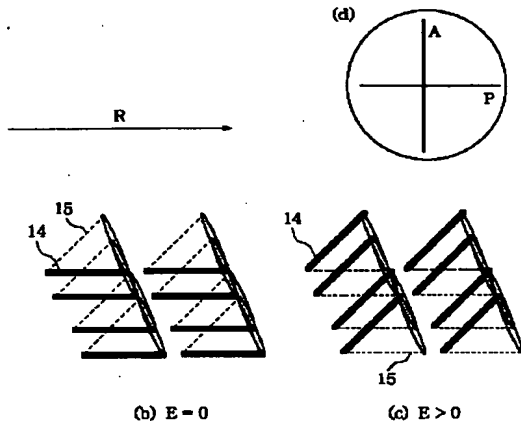
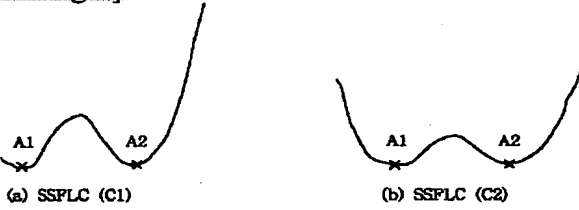


Figure 6]





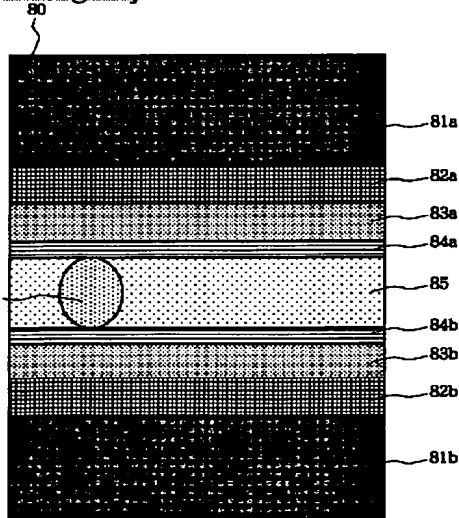
rawing 9]



rawing 10]



rawing 11]



rawing 12]

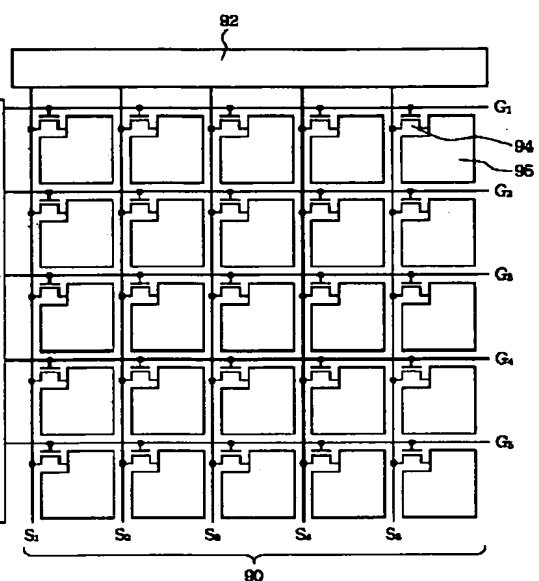
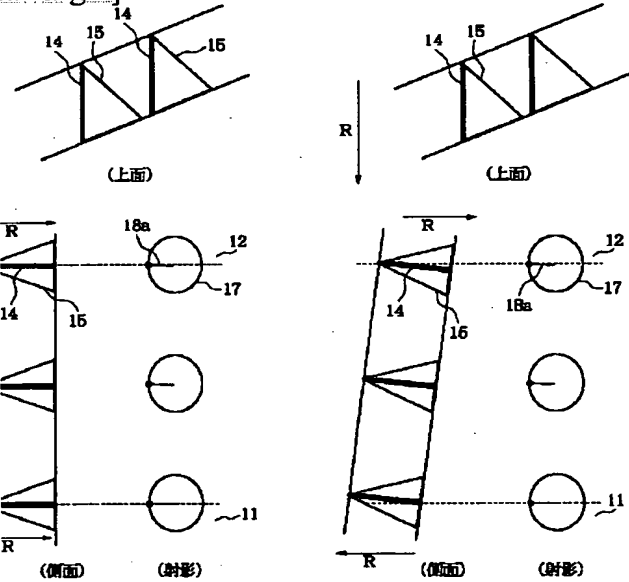


Figure 7]



(a) ブックシェルフ配向

(b) 斜めブックシェルフ配向

Figure 13]

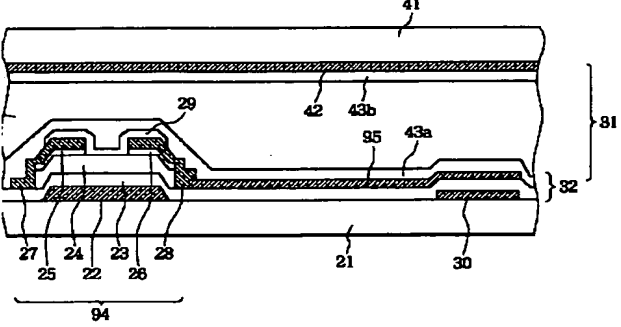


Figure 14]

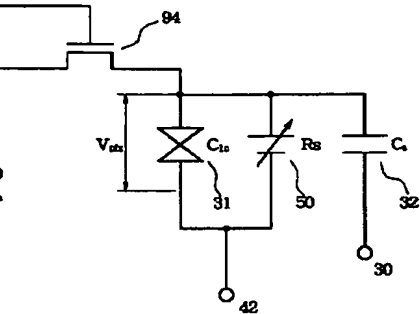


Figure 15]

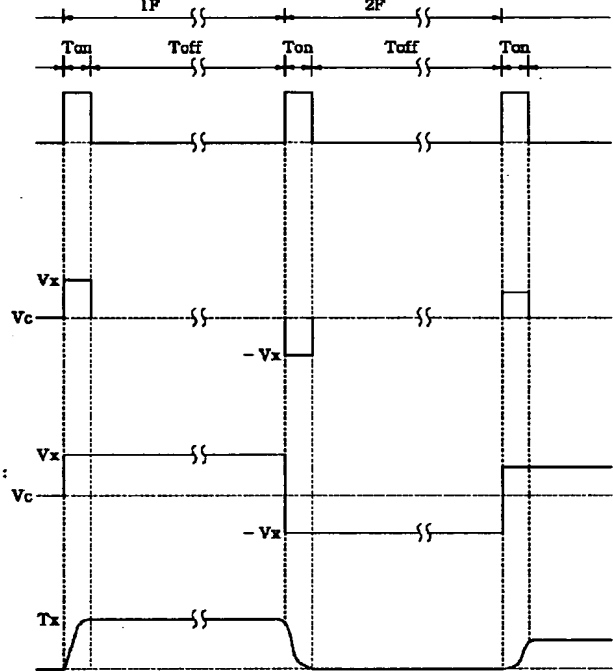
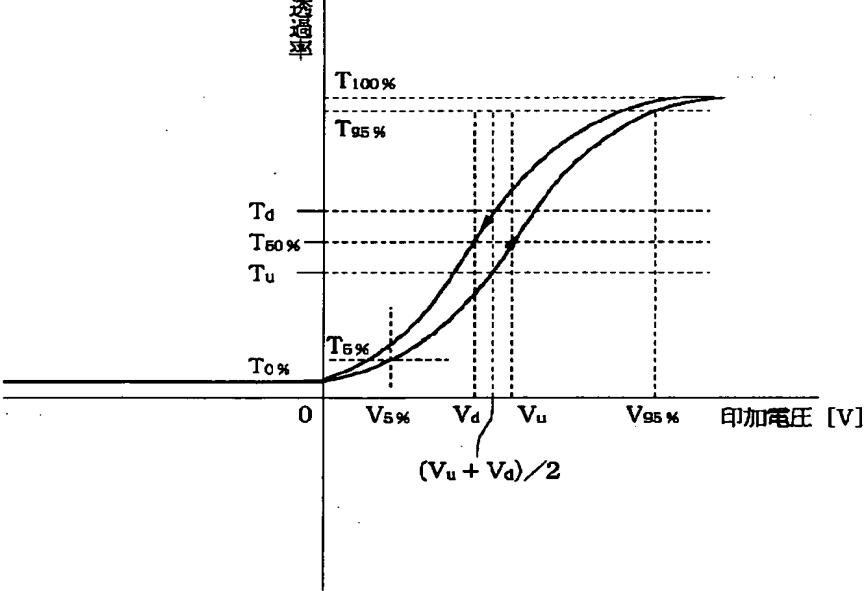


Figure 16]



translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-10076  
(P2000-10076A)

(43) 公開日 平成12年1月14日 (2000.1.14)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
G 0 2 F 1/133

識別記号  
5 6 0

F I  
G 0 2 F 1/133

テーマコード<sup>\*</sup> (参考)  
2 H 0 9 3

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願平10-177146

(22) 出願日 平成10年6月24日 (1998.6.24)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 浅尾 恭史

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

(72) 発明者 寺田 匡宏

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

(74) 代理人 100069877

弁理士 丸島 儀一

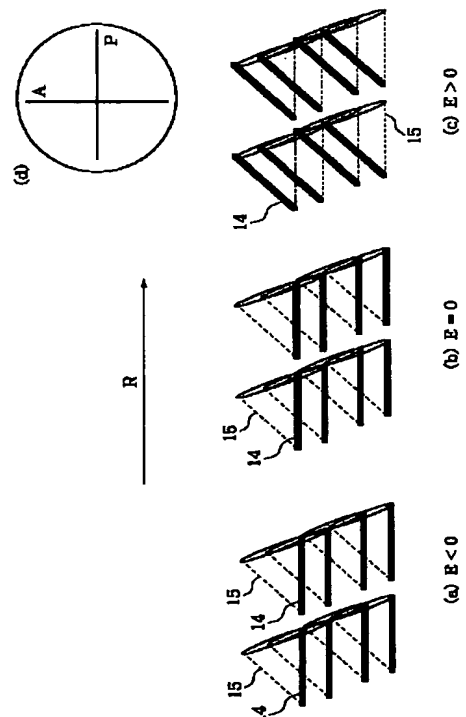
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液晶素子

(57) 【要約】

【課題】 カイラルスメクチック液晶を用いた液晶素子で階調表示及び良好な動画像を得る。

【解決手段】 カイラルスメクチック液晶と、該液晶に電圧を印加する一対の電極と、該液晶を挟持して対向すると共に少なくとも一方の対向面に該液晶を配向させるための一軸性配向処理が施された一対の基板と、少なくとも一方の基板に偏光板を備えた液晶素子であって、電圧無印加時では、該液晶の平均分子軸が単安定化された第一の状態を示し、第一の極性の電圧印加時には、該液晶の平均分子軸は印加電圧の大きさに応じた角度で該単安定化された位置から一方の側にチルトし、該第一の極性とは逆極性の第二の極性の電圧印加時には、該液晶の平均分子軸は該単安定化された位置を維持することを特徴とする。



(2)

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 カイラルスメクチック液晶と、該カイラルスメクチック液晶に電圧を印加する一対の電極と、該液晶を挟持して対向すると共に少なくとも一方の対向面に該液晶を配向させるため一軸性配向処理が施された一対の基板と、少なくとも一方の基板に偏光板とを備えた液晶素子であって、

電圧無印加時では、該液晶の平均分子軸が単安定化された第一の状態を示し、第一の極性の電圧印加時には、該液晶の平均分子軸は印加電圧の大きさに応じた角度で該単安定化された位置から一方の側にチルトし、該第一の極性とは逆極性の第二の極性の電圧印加時には、該液晶の平均分子軸は該単安定化された位置を維持することと、

三角波印加時における電圧－素子を通過する光の透過率曲線において、第一の極性の電圧印加時における下記 $\gamma$ 値が3以上でかつ下記ヒステリシスパラメータ値 $T_{diff}$  [%] が50%以下であることを特徴とする液晶素子。

$$\gamma = V_{95\%} / V_{5\%}$$

$V_{5\%}$  : 透過率が5%に達する電圧

$V_{95\%}$  : 透過率が95%に達する電圧

$$\text{ヒステリシスパラメータ値 } T_{diff} [\%] = T_d - T_u$$

$V_u$  : 立ち上がり時において透過率50%に達する電圧

$V_d$  : 立ち下がり時において透過率50%に達する電圧

$T_u$  [%] : 上記2つの平均電圧 $(V_u + V_d)/2$ 印加時の立ち上がり曲線での透過率値

$T_d$  [%] : 上記2つの平均電圧 $(V_u + V_d)/2$ 印加時の立ち下がり曲線での透過率値

【請求項2】 前記素子からの出射光量が、前記第一の状態において第一の光量となり、前記第一の極性の電圧印加時には、液晶の平均分子軸の所定のチルト状態で該第一の光量と最も異なる大きさの第二の光量となり、該出射光量は、前記第一の極性の電圧の大きさにより液晶の平均分子軸の前記単安定化された位置からのチルトの角度を変化させることで、該第一及び第二の光量間で連続的に可変となることを特徴とする請求項1記載の液晶素子。

【請求項3】 前記第一の光量が前記液晶素子からの出射光量の中で最低値であり、前記第二の光量が、前記素子からの出射光量の中で最大値である請求項2記載の液晶素子。

【請求項4】 前記カイラルスメクチック液晶の相転移系列が、高温側より、等方性液体相－コレステリック相－カイラルスメクチック相、又は等方性液体相－カイラルスメクチックC相であることを特徴とする請求項1記載の液晶素子。

【請求項5】 前記カイラルスメクチック液晶のバルク状態でのらせんピッチはセル厚の2倍より長い請求項1記載の液晶素子。

【請求項6】 複数の画素を有し、前記一対の基板のう

2

ち一方が、画素に対応する電極に接続したアクティブ素子を有する基板であり、アナログ階調表示を行う駆動回路を備えたことを特徴とする請求項1記載の液晶素子。

【請求項7】 前記素子からの出射光量が、前記第一の状態において第一の光量となり、前記第一の極性の電圧印加時には、液晶の平均分子軸の所定のチルト状態で該第一の光量と最も異なる大きさの第二の光量となり、該出射光量は、前記第一の極性の電圧の大きさにより液晶の平均分子軸の前記単安定化された位置からのチルトの角度を変化させることで、該第一及び第二の光量間で連続的に可変となることと、

複数の画素を有し、前記一対の基板のうち一方が、画素に対応する電極に接続したアクティブ素子を有する基板であり、アクティブマトリクス駆動を行う駆動回路を備えることと、

該駆動回路は、一画素において出射光量を変化させて所望の階調表示を行う回路であって、所望の階調表示に相応する該第一の光量及び該第二の光量間の大きさの光量以上を得るための電圧値以上の第一の極性の電圧を印加する第一の期間と、該第一の光量を得るための第二の極性の電圧を該液晶に印加する第二の期間からなる駆動信号を供給するものであり、

該第一の期間及び該第二の期間を合わせた期間で、該所望の階調表示を行うことを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の液晶素子。

【請求項8】 透過型液晶素子である請求項1乃至7のいずれかに記載の液晶素子。

【請求項9】 反射型液晶素子である請求項1乃至7のいずれかに記載の液晶素子。

【請求項10】 カイラルスメクチック液晶と、該液晶に電圧を印加する一対の電極を、該液晶を挟持して対向すると共に少なくとも一方の対向面に該液晶を配向させるための一軸性配向処理が施された一対の基板と、少なくとも一方の基板に偏光板を備えた液晶素子であって、電圧無印加時では、該液晶の平均分子軸が単安定化された第一の状態を示し、第一の極性の電圧印加時には、該液晶の平均分子軸は印加電圧の大きさに応じた角度で該単安定化された位置から一方の側にチルトし、該第一の極性とは逆極性の第二の極性の電圧印加時には、該液晶の平均分子軸は該単安定化された位置を維持することと、

前記一対の基板のうち一方が、画素に対応する電極に接続したアクティブ素子を有する基板であり、アクティブマトリクス駆動によりアナログ階調表示を行う駆動回路を備えたことと、

該カイラルスメクチック液晶の体積抵抗値が $5 \times 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上であり、該液晶の自発分極を $P_s$  ( $\text{nC}/\text{cm}^2$ )、アクティブマトリクス駆動における一画素の一選択期間開始時から次の選択期間開始時までの期間における内部イオンの再配置分を $Q_t$  ( $\text{nC}/\text{cm}^2$ )と

(3)

3

して  $(2Ps + Qt)$  が  $30 \text{ (nC/cm}^2\text{)}$  以下であることを特徴とする液晶素子。

【請求項11】 前記  $(2Ps + Qt)$  が  $12 \text{ (nC/cm}^2\text{)}$  以下であることを特徴とする請求項10記載の液晶素子。

【請求項12】 前記素子からの出射光量が、前記第一の状態において第一の光量となり、前記第一の極性の電圧印加時においては、液晶の平均分子軸の所定のチルト状態において第二の光量となり、該出射光量は、前記第一の極性の電圧の大きさにより液晶の平均分子軸の前記単安定化された位置からのチルトの角度を変化させることで、該第一及び第二の光量間で連続的に可変となることを特徴とする請求項10記載の液晶素子。

【請求項13】 前記第一の光量が前記液晶素子からの出射光量の中で最低値であり、前記第二の光量が、前記素子からの出射光量の中で最大値である請求項12記載の液晶素子。

【請求項14】 前記カイラルスメクチック液晶の相転移系列が、高温側より、等方性液体相－コレステリック相－カイラルスメクチック相、又は等方性液体相－カイラルスメクチック相であることを特徴とする請求項10記載の液晶素子。

【請求項15】 前記カイラルスメクチック液晶のバルク状態で得られるピッチはセル厚の2倍より長い請求項10記載の液晶素子。

【請求項16】 前記素子からの出射光量が、前記第一の状態において第一の光量となり、前記第一の極性の電圧印加時においては、液晶の平均分子軸の所定チルト状態で該第一の光量とは最も異なる大きさの第二の光量となり、該出射光量は、前記第一の極性の電圧の大きさにより液晶の平均分子軸の前記単安定化された位置からのチルトの角度を変化させることで、該第一及び第二の光量間で連続的に可変となることと、

複数の画素を有し、前記一对の基板のうち一方が、画素に対応する電極に接続したアクティブ素子を有する基板であり、アクティブマトリクス駆動を行う駆動回路を備えることと、

該駆動回路は、一画素において出射光量を変化させて所望の階調表示を行う回路であって、所望の階調表示に相応する該第一の光量及び該第二の光量間の大きさの光量以上を得るための電圧値以上の第一の極性の電圧を印加する第一の期間と、該第一の光量を得るための第二の極性の電圧を該液晶に印加する第二の期間からなる駆動信号を供給するものであり、該第一の期間及び該第二の期間を合わせた期間で、該所望の階調表示を行うことを特徴とする請求項10記載の液晶素子。

【請求項17】 透過型液晶素子である請求項10乃至16のいずれかに記載の液晶素子。

【請求項18】 反射型液晶素子である請求項10乃至

4

16のいずれかに記載の液晶素子。

【請求項19】 カイラルスメクチック液晶と、該液晶に電圧を印加する一对の電極と、該液晶を挟持して対向すると共に少なくとも一方の対向面に該液晶を配向させるための一軸性配向処理が施された一对の基板と、少なくとも一方の基板に偏光板とを備えた液晶素子であって、

電圧無印加時では、該液晶の平均分子軸が単安定化された第一の状態を示し、第一の極性の電圧印加時には、該液晶の平均分子軸は印加電圧の大きさに応じた角度で該単安定化された位置から一方の側にチルトし、該第一の極性とは逆極性の第二の極性の電圧印加時には、該液晶の平均分子軸は該単安定化された位置を維持することと、

前記一对の基板のうち一方が、画素に対応する電極に接続したアクティブ素子を有する基板であり、アクティブマトリクス駆動によりアナログ階調表示を行う駆動回路を備えたことと、

該カイラルスメクチック液晶の体積抵抗値が  $5 \times 10^{11} \Omega \text{ cm}$  以上であり、該液晶の自発分極を  $Ps \text{ (nC/cm}^2\text{)}$ 、アクティブマトリクス駆動における一画素の一選択期間開始時から次の選択期間の開始時までの期間における内部イオンの再配置分を  $Qt \text{ (nC/cm}^2\text{)}$  として  $(2Ps + Qt)$  が  $30 \text{ (nC/cm}^2\text{)}$  以下であることと、

三角波印加時における電圧－素子を通過する光の透過率曲線において、第一の極性の電圧印加時における下記  $\gamma$  値が3以上でかつ下記ヒステリシスパラメータ値  $T_{diff} \text{ [\%]}$  が50%以下であることを特徴とする液晶素子。

$\gamma = V_{95\%} / V_{5\%}$

$V_{5\%}$  : 透過率が5%に達する電圧

$V_{95\%}$  : 透過率が95%に達する電圧

ヒステリシスパラメータ値  $T_{diff} \text{ [\%]} = T_d - T_u$

$V_u$  : 立ち上がり時において透過率50%に達する電圧

$V_d$  : 立ち下がり時において透過率50%に達する電圧

$T_u \text{ [\%]}$  : 上記2つの平均電圧  $(V_u + V_d) / 2$  印加時の立ち上がり曲線での透過率値

$T_d \text{ [\%]}$  : 上記2つの平均電圧  $(V_u + V_d) / 2$  印加時の立ち下がり曲線での透過率値

【請求項20】 前記  $(2Ps + Qt)$  が  $12 \text{ (nC/cm}^2\text{)}$  以下であることを特徴とする請求項19記載の液晶素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はフラットパネルディスプレイ、プロジェクションディスプレイ、プリンター等に用いられるライトバルブに使用される液晶素子、該素子における液晶の配向制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来より、ネマティック液晶表示素子に

(4)

5

において、一つ一つの画素にトランジスタ（例えば薄膜トランジスタ／TFT）のような能動素子を配置した、アクティブマトリクスといわれる液晶素子の開発が行われている。現在このアクティブマトリクス型の液晶表示素子に用いられるネマチック液晶のモードとして、たとえばエム・シャット（M. Schadt）とダブリュー・ヘルフリッヒ（W. Helfrich）著 *Applied Physics Letters* 第18巻、第4号（1971年2月15日発行）第127頁から128頁において示されたツイステッドネマチック（Twisted Nematic）モードが広く用いられている。また、最近では横方向電圧を利用したインプレーンスイッチング（In-Plane Switching）モードが発表されており、ツイステッドネマチックモード液晶ディスプレイの欠点であった視野角特性の改善がなされている。その他、上述したTFT等の能動素子を用いない、ネマティック液晶表示素子の代表例として、スーパーツイステッドネマティック（Super Twisted Nematic）モードがある。このように、こうしたネマティック液晶を用いた液晶表示素子は様々なモードが存在するのであるが、そのいずれのモードの場合にも液晶の応答速度が数十ミリ秒以上かかってしまうという問題点が存在した。

【0003】このような従来型のネマティック液晶素子の欠点を改善するものとして、液晶が双安定性を示す素子（SSFLC/Surface Stabilized FLC）がクラーク（Clark）およびラガウェル（Lagerwall）により提案されている（特開昭56-107216号公報、米国特許第4367924号明細書）。この双安定性を示す液晶としては、一般にカイラルスメクティックC相を示す強誘電性液晶が用いられている。この強誘電性液晶では、電圧印加の際に液晶分子の自発分極に電圧が作用し分子の反転スイッチングがなされるため、非常に速い応答速度が得られる上にメモリー性のある双安定状態を発現させることができる。さらに視野角特性も優れていることから、高速、高精細、大面積の表示素子あるいはライトバルブとして適していると考えられる。更に、カイラルスメクティックC相を示す強誘電性液晶にアクティブマトリクス素子を組み合わせた素子が提案されている（特開平4-212126等）。

【0004】一方、最近では反強誘電性液晶（無関反強誘電性液晶）とアクティブマトリクス素子との組み合わせ電圧－透過率特性がV字型形状を示す素子が注目されている。この反強誘電性液晶も強誘電性液晶同様に、液晶分子の自発分極への作用により分子の反転スイッチングがなされるため、非常に速い応答速度が得られる。この液晶材料は、電界無印加時には液晶分子は互いの自発分極を打ち消し合うような分子配列構造をとるため、電界を印加しない状態では自発分極は存在しないことが特

6

徴となっている。

【0005】こうした自発分極による反転スイッチングを行う強誘電性液晶や反強誘電性液晶は、いずれもスメクチック液晶相を示す液晶である。すなわち、従来ネマティック液晶が抱えていた応答速度に関する問題点を解決できるという意味において、スメクティック液晶を用いた液晶表示素子の実現が期待されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】このように、高速応答性能など次世代のディスプレイ等に自発分極を有するスメクティック液晶が期待されているが、単に応答速度を高めるだけでは、人間の感じる動画高速応答特性が得られないことが最近の研究（信学技報EID96-4p.19など）から明らかになってきている。これらの研究結果では、人間が動画表示が高速であると感じる手法として、シャッターを用いて時間開口率を50%以下にする方式、または2倍速表示方式を用いることにより動画質改善に効果的であるとの結論が得られている。

【0007】しかしながら、従来型のネマティック相を用いるモードでは液晶の応答速度が不十分であるため、上述の動画表示方法を用いることができないことはもとより、上述したような高速応答のカイラルスメクチック液晶素子を用いて上述の高速での良好な動画表示を実現するためには、駆動方法や周辺回路が複雑になるという欠点を持っており、コストアップの要因となっていた。

【0008】本発明はこのような問題点に鑑みてなされたもので、その課題とするところは、カイラルスメクチック相を示す液晶を用いた液晶素子であって、高速応答かつ階調制御が可能であり、複雑な回路を用いなくとも動画質が向上した安価な液晶素子を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の第一によれば、カイラルスメクチック液晶と、該液晶を挟持して対向すると共に少なくとも一方に該液晶を配向させるための一軸性配向処理が施された一対の基板と、少なくとも一方の基板に偏光板を備えた液晶素子であって、電圧無印加時では、該液晶に電圧を印加する一対の電極と、該液晶の平均分子軸が単安定化された第一の状態を示し、第一の極性の電圧印加時には、該液晶の平均分子軸は印加電圧の大きさに応じた角度で該単安定化された位置から一方の側にチルトし、該第一の極性とは逆極性の第二の極性の電圧印加時には、該液晶の平均分子軸は該単安定化された位置を維持することと、三角波印加時における電圧－透過率曲線において、第一の極性の電圧印加時における下記 $\gamma$ 値が3以上でかつ下記ヒステリシスパラメータ値 $T_{diff}(\%)$ が50%以下であることを特徴とする液晶素子、

$$\gamma = V_{95\%} / V_{5\%}$$

$V_{5\%}$ : 透過率が5%に達する電圧



(5)

7

$V_{95\%}$  : 透過率が95%に達する電圧

ヒステリシスパラメータ値  $T_{diff} [\%] = T_d - T_u$

$V_u$  : 立ち上がり時において透過率50%に達する電圧

$V_d$  : 立ち下がり時において透過率50%に達する電圧

$T_u [\%]$  : 上記2つの平均電圧  $(V_u + V_d) / 2$  印加時の立ち上がり曲線での透過率値

$T_d [\%]$  : 上記2つの平均電圧  $(V_u + V_d) / 2$  印加時の立ち下がり曲線での透過率値

が提供される。

【0010】また、本発明の第二によれば、カイラルスメクチック液晶と、該液晶に電圧を印加する一対の電極と、該液晶を挟持して対向すると共に少なくとも一方の対向面に該液晶を配向させるための一軸性配向処理が施された一対の基板と、少なくとも一方の基板に偏光板を備えた液晶素子であって、電圧無印加時では、該液晶の平均分子軸が単安定化された第一の状態を示し、第一の極性の電圧印加時には、該液晶の平均分子軸は印加電圧の大きさに応じた角度で該単安定化された位置から一方の側にチルトし、該第一の極性とは逆極性の第二の極性の電圧印加時には、該液晶の平均分子軸は該単安定化された位置を維持することと、前記一対の基板のうち一方が、画素に対応する電極に接続したアクティブ素子を有する基板であり、アクティブマトリクス駆動によりアナログ階調表示を行う駆動回路を備えたことと、該カイラルスメクチック液晶の体積抵抗値が  $5 \times 10^{11} \Omega \text{cm}$  以上であり、該液晶の自発分極を  $P_s \text{ (nC/cm}^2\text{)}$ 、アクティブマトリクス駆動における一画素の一選択の開始時から次の選択期間の開始時までの期間における内部イオンの再配置分を  $Q_t \text{ (nC/cm}^2\text{)}$  として  $(2P_s + Q_t)$  が  $30 \text{ (nC/cm}^2\text{)}$  以下であることを特徴とする液晶素子、が提供される。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明の液晶素子におけるカイラルスメクチック相を呈する液晶の配向状態及びスイッチング過程について、前述した従来型のSSFLCタイプとの対比の上で図面を参照してモデル上で説明する。

【0012】SSFLCでは、SmC\*相において、液晶分子を2状態に安定化させることによって、双安定性すなわちメモリ性を発現させている。このメモリ状態に関して図1及び図2に示すモデルを用いて説明する。

【0013】尚、以下に説明するモデルでは、液晶分子と、該分子の位置の範囲となり得る仮想コーン、スメクチック層法線、平均一軸配向処理軸の関係に基づいているが、当該液晶分子は液晶素子内では複数存在し、例えば基板法線方向である程度ツイストしており、平均分子軸の挙動として観察される。即ち、本発明で規定する平均分子軸は実質的には単独の液晶分子の挙動に対応する。

【0014】図1はSSFLC型の素子における液晶分

8

子及び液晶の層構造（スメクチック層の構造）について説明したものである。当該素子では、同図(a)及び

(b)に示すように、基板11及び12間に挟持された液晶13の部分において、液晶分子14は、基板11又は12の界面付近では各基板の一軸配向処理方向Aに沿って基板から所定のプレチルト角 $\alpha$ で立ち上がり（本例では両基板の一軸配向処理方向Rが平行であり且つ同方向、即ち基板に対して同方向に液晶分子を立ち上がらせるような設定とした）、基板11及び12間で基板法線に対して傾斜角 $\delta$ をなすシェブロン構造のスメクチック層16を形成している。

【0015】一方、液晶分子14は、電圧印加により2 $\theta$  ( $\theta$ :液晶材料に固有のコーン角)の頂角を有する仮想コーン15の壁面の2位置間でスイッチングし且つ電圧無印加の状態、当該2位置の近傍で安定的に存在する。尚、同図(a)及び(b)に示すスメクチック層16がシェブロン構造をなす配向状態は、夫々、基板間の液晶分子14のプレチルトの方向とスメクチック層16のシェブロン構造の折れ曲がり方向の関係により種別されるもので、(a)の配向状態をC1配向、(b)の配向状態をC2配向と呼ぶ。

【0016】ここで、図1に示すSSFLCの配向状態では、C1配向状態及びC2配向状態共に一般的に $\theta > \delta$ の関係を満たすことで、電圧無印加時に基板11及び12間でシェブロン構造のスメクチック層16のキンク位置（基板間中央の折れがり部分）を含むほぼ全厚み方向で、液晶分子14が仮想コーン15内で安定的に2位置をとることができ、双安定状態が発現する。図2

(a)及び(b)は、夫々図1(a)及び(b)に示すC1配向状態とC2配向状態の夫々における仮想のコーン15の底面17上への液晶分子の射影を示すものであり、液晶分子が14a及び14bの双安定状態（射影18a、18b）をとることを示している。

【0017】液晶が上記のような双安定性の配向状態を呈する素子では、一対のクロスニコル下の偏光板のうち、双安定状態の一方の平均分子軸に偏光軸を合わせて、双安定状態間のスイッチングを行い、黒（暗状態）及び白（明状態）の表示を行う。このスイッチングは、例えば一方の状態から他方の状態のドメインの生成により、即ちドメインウォールの生成及び消滅を伴ってなされる。但し、このようなスイッチングメカニズムを用いて表示を行う場合、基本的には黒及び白の2値表示しかできず、黒白間の階調（中間調）の表示は困難である。

【0018】これに対し、本発明の第一及び第二の液晶素子においては、カイラルスメクチック相を示す液晶を用いた素子において階調表示を実現すべく、図1及び2に示すようなメモリ性（双安定性）を消失させ、印加電圧によって液晶分子位置が連続的に可変となるようにすることが重要となる。この設定のため、本発明においては好ましくはCh-SmC\*相転移を示す液晶材料を用い

(6)

9

る。

【0019】図3(a)に、液晶素子において、少なくとも降温下でCh-SmA-SmC\*相系列を示す液晶材料の層(スメクチック層)構造の形成過程を、図3

(b)に少なくとも降温下でCh-SmC\*相系列を示す液晶材料の層構造形成過程を示す。同図において矢印Rは素子における平均一軸配向処理軸の方向である。液晶分子14は、電圧を印加した際に仮想コーン15域の壁面に沿ってスイッチングし得る。

【0020】ここで“平均一軸配向処理軸”とは、素子を構成する両基板の液晶に接する面において一軸配向処理が施され、その方向(例えばラビング方向)が平行で同一方向であるか互いに逆方向(反平行)である場合、並びに一方の基板にのみ一軸配向処理が施されている場合では、その一軸配向処理の軸自体に相当し、両基板において一軸配向処理が施された方向(例えばラビング方向)が互いにクロスしている場合では、両方の一軸配向処理軸の中心方向の軸、即ちクロス角の1/2の方向に相当する)。また平均一軸配向処理軸の“方向”とは、例えば当該配向処理がなされた基板近傍における液晶分子の基板に対して立ち上がっている、即ちプレチルトを生じる側への方向であり、一方の基板にのみ一軸配向処理が施されている場合及び両基板において一軸配向処理が施され、その方向(例えばラビング方向)が平行で同一方向である場合は、その処理方向自体であり、両基板に互いに平行で逆方向の処理が施されている(反平行)場合は、いずれか一方の基板での処理方向であり、両基板において一軸配向処理が施された方向(例えばラビング方向)が互いにクロスしている場合では、その中心軸の方向である。

【0021】図3(a)に示すように、相系列中にSmA相を有する液晶材料の場合、SmA相においてスメクチック層法線方向(紙面横方向矢印LN)と一軸配向処理方向が一致するように液晶分子14が配列しスメクチック層構造を形成する。そして、SmC\*相では、液晶分子14はスメクチック層法線方向LNからチルトし、仮想コーン15のエッジ近傍もしくはその若干内側の位置で安定化する。

【0022】一方、図3(b)に示すようにSmA相を含まない相系列では、例えばCh相からSmC\*相に相転移する過程で、液晶分子14はスメクチック層法線方向LNに対して傾くように、且つ平均一軸配向処理方向Rに配列しスメクチック層構造が形成される。即ち層法線方向LNが平均一軸配向処理方向Rとずれた方向に形成されることになる。特に本発明では、液晶分子14は、SmC\*相の温度域を通じて仮想コーン15のエッジの位置で安定化するように調整している。

【0023】図3(a)及び(b)のいずれの場合も、例えば図1及び図2に示すような液晶分子14がシェvron構造の双安定配向状態、即ち基板と実質的に平行な

10

2状態で安定になるべきであるが、図3(b)に示す場合、一軸配向処理の束縛力が強くなり、この2状態のうちの一方のみが安定となり(単安定化し)、メモリ性が消失することになる。

【0024】以下にこの単安定化現象について具体的に述べる。Ch-SmC\*相系列を示す液晶材料では、上述のように層法線方向と一軸配向処理方向とがずれて配向する。したがってSmC\*相において液晶分子がコーン上、且つ基板面に平行になる2つの分子位置をそれぞれU1、U2とした場合、前記いずれか一方の分子位置のうち、一軸配向処理方向とのなす角が小さい方が安定となり双安定性が崩れることになる。

【0025】しかしながら、この一軸配向処理の強度(A)が限りなくゼロに近い場合を仮定すると、一軸配向処理方向と層法線方向とのなす角の如何によらず、U1とU2の安定性(ポテンシャル)に差異は見られないはずである(図4(a))。したがって、Ch-SmC\*相系列を示す材料を用いたとしても、双安定性を有する素子の実現することは可能である。

【0026】次いで、一軸配向処理を施しているもののその強度が十分でない場合(図4(b))、U1とU2においてポテンシャルに差異が発生し、双安定性が崩れることになる。しかしながら、この図4(b)の状態では、双安定の一方の状態が安定ではあるものの、もう一方の状態に関しても準安定な配向状態として存在することになる。このような配向状態では、例えば三角波応答時においてヒステリシスが非常に大きく、急峻な閾値特性が観測されたり、電氣的にある一定の直流バイアスを印加することにより双安定性が再び発現する等といった現象が観測される。つまり、こうした十分な単安定性が実現されていない素子では、アクティブマトリクスによる連続階調制御が困難となることが考えられる。

【0027】一方、図4(c)に示すように一軸配向処理の束縛力を十分に強くすることにより、準安定な状態の存在が無く、完全に単安定化することが可能となり、連続階調制御特性が大きく向上することになる。

【0028】また、図4(a)における双安定エネルギー障壁の高さに関しては、液晶材料特性やセル構成にも依存して変化すると考えられる。つまり、定性的にはこのエネルギー障壁の高さは、液晶素子自身が作り出す反電場量によって変化すると推察される。したがって、準安定状態が存在しないよう液晶素子を設計するためには、内部反電場量が大きくなるようセル設計することでエネルギー障壁の高さをあらかじめ低く設定しておくことが望ましい。例えば、配向制御層としては絶縁性の十分高いポリイミド配向膜を上下両基板に配設しておくことが望ましい。

【0029】図3(b)に示すCh-SmC\*相転移の際、図5に示すように2通りの異なった層法線方向(LN1及びLN2)を示すスメクチック層構造が形成する

50

(7)

11

ことが考えられる。このとき、カイラルスメクチック液晶を挟持するセルの上下一対の基板の一軸配向処理の状態（処理方向等の条件、配向材料等）が完全に対称であれば上記図5に示すような2つのスメクチック層構造が均等な割合で形成される。

【0030】更に、本発明の第一及び第二の液晶素子においては、まず適切な液晶材料を用い、セルの設計を調整し、更に液晶材料のCh-SmC\*相転移の過程においてセル内の内部電位に偏りをを持たせるような処理を施すことによって、図5に示す2つの層構造のうち一方の層構造のみに揃え、即ち平均一軸配向処理軸とスメクチック層法線方向のずれ方向が一定となるようにし、液晶分子14を仮想コーン15の一エッジに単安定化させ、そのメモリ性を消失させたSmC\*相の配向状態を得ている。この内部電位の偏りの持たせ方として、

- 1) Ch-SmC\*又はI-SmC\*相転移の際に一対の基板間に正負いずれかのDC電圧を印加する。
- 2) 上下一対の基板に異なる材料からなる配向膜を用いる。
- 3) 上下一対の基板の配向膜の処理法（膜の形成条件、ラビング強度、UV照射等の処理条件）を変える。
- 4) 上下一対の基板の配向膜の下地に設ける層の膜種または膜厚を変えるなど、様々な方法が考えられるが、いずれの手段を用いてもよい。

【0031】特に1)によるDC印加条件としては、DCを長時間印加することによって素子の一対の基板間がショートすることを避けるために、DCはCh-SmC\*相転移又はI-SmC\*相転移近傍において、スメクチック層の方向を一方向に揃えるために必要且つ最小限の印加電圧にとどめておくことが好ましい。具体的に100mV以上、10V以下の範囲でのDC電圧を印加することが好ましい。

【0032】上述したような液晶材料及び上記2)～4)で設定される配向膜及び液晶材料中のイオンはTF T駆動に悪影響を及ぼさないように極力低減しておくことが望ましい。

【0033】次いで、本発明の液晶素子の配向状態、即ち図に示すようなSmC\*相での層構造の一方を優先的に形成した配向状態を有するセルにおいて、電圧に対する液晶分子14の反転挙動について図6及び図7を参照して説明する。図6では、電圧印加による液晶の仮想コーン15内での液晶分子の挙動についてのモデル、図7では、当該液晶のセル内での配向状態について、セル上面から見た場合、側面から見た場合、仮想コーン底面への射影で見た場合でのモデルを説明している。

【0034】図6(b)に示すような電圧無印加時においては液晶分子14はほぼ平均一軸配向処理方向（矢印R）に沿って、且つ液晶分子が電圧印加によりスイッチングを行う仮想コーン15の一端（エッジ）側に安定的に配列する。この、液晶分子14が仮想コーン15のエ

12

ッジに単安定する状態をとる場合としては、スメクチック層構造が実質的にブックシェルフ構造（層傾斜角 $\delta$ が $3^\circ$ 以下）であり液晶分子14のプレチルト角が極めて小さい場合（図7(a)に示す配向状態）、あるいはスメクチック層構造が斜めブックシェルフ構造であり、層傾斜角 $\delta$ がプレチルト角にほぼ一致したような場合（図7(b)に示す配向状態）が考えられる。

【0035】ここで、一軸配向処理方向Rに偏光軸の一方(P)を一致させたクロスニコル図6(d)下にセルを配置し、液晶を透過する光量を最低の状態にして暗状態（黒状態、第一の出射光量）を得る。

【0036】そして、例えば液晶の有する屈折率異方性 $\Delta n$ 、セル厚をdとし、 $\Delta n d$ を可視光の2分の1波長近傍に設定した場合、上記図6(b)に示すような配向状態に対し、第一の極性（同図の場合正極性）の電圧を印加したときには図6(c)に示すように、液晶分子14は、電圧無印加時の位置に対して電圧の極性に応じた方向にチルト（スイッチング）する。このチルトの角度は印加電圧の大きさに応じたものとなる。一方、上記第一の極性と逆極性の第二の極性（同図の場合負極性）の電圧を加えたときには、液晶分子14は電圧無印加時と同様の位置にとどまる。こうして、第一の極性（正極性）の電圧を印加したときには、その電圧絶対値が大きくなるに伴いセル内の液晶部分を透過する光量が連続的に変化して大きくなり、液晶分子14が仮想コーン15内の所定の状態となった際に、電圧無印加時の透過光量の大きさと最も異なる最大透過光量が得られる。負の電圧を印加した場合は、液晶を透過する光量は最低の状態のまま維持される。

【0037】ここで、例えば図6(d)に示すような一対の偏光板を用いる場合、正極性電圧印加時における液晶分子14の最大チルトの状態における、電圧無印加時の液晶分子14の位置を基準としたチルトの角度が $45^\circ$ より小さい場合では、液晶分子14が仮想コーン15のエッジにある時、即ち最大チルトの状態において、正極性電圧印加時での最大透過光量が得られる。一方、上記チルトの角度が $45^\circ$ 以上である場合には、液晶分子14が仮想コーン15のエッジの内側にある時において、正極性電圧印加の際の最大透過光量が得られる。

【0038】上述したような液晶分子のスイッチング挙動を示す素子の電圧(V)－光の透過率(T)特性の例、特に正極性電圧印加の際に液晶分子が最大チルト状態となる時に最大透過率が得られる場合の素子の例を図8に示す。正極性の電圧印加時にはその電圧値に沿って液晶分子のチルトにより透過率が上昇し、電圧V1以上で最大透過率T1を示す。一方、負極性の電圧印加時には、その電圧値（絶対値）によらず液晶分子がチルトせず、 $-V1$ であっても透過率は電圧無印加時と同様に0である。

【0039】本発明の液晶素子の図6及び7に示すよう

(8)

13

な配向状態及び図8に示すような特性を、一般的なTFTを備えたアクティブマトリックスタイプの液晶パネルに適用し、交流的な駆動波形を印加し、液晶部分を光シャッターとして機能させ、一極性の電圧印加期間、例えば図8に示す正極性側の電圧印加による光学応答特性を利用する期間と、逆極性の電圧印加期間、例えば図8に示す負極性側の電圧印加による光学応答特性を利用する期間を組み合わせることで、時間開口率を50%以下にする方式と同等の効果が得ることができる。こうして、複雑な周辺回路等を用いなくとも動画質の向上した液晶素子を実現することが可能となる。

【0040】次いで、本発明の液晶素子の配向状態における液晶分子の反転メカニズムについて簡単のためシェブロン構造を有する配向状態を用いて説明する。尚、本発明の液晶素子では、上述したように、スメクチック層構造が実質的にブックシェルフ構造である場合や、斜めブックシェルフ構造である場合を想定しているのであるが、基本的な考え方はシェブロン構造の場合と同様である。

【0041】図1及び2に示すSSFLCでの配向状態では、液晶分子14が双安定状態間をスイッチングするためには、所定の高さのエネルギー障壁を超えることが必要であり、このエネルギー障壁の存在が双安定性の起源となっている。これに対し、本発明の液晶素子における、例えば図6に示すような配向状態では、液晶分子14がSSFLCでの双安定ポテンシャルの一方側に近い位置で極端に安定化された状態となっている。これにより安定状態が一つしか存在せず、印加電圧の大きさに応じた安定状態がアナログ的に存在し、且つ印加電圧と安定な分子位置が一对一で対応するため、連続的且つドメインの生成を伴わない反転が実現できる。

【0042】このエネルギー障壁（ポテンシャル）の状態のモデルを図9及び図10に示す。

【0043】図9（a）及び（b）はSSFLCにおける双安定配向状態でのポテンシャルの状態をC1配向状態、C2配向状態の夫々について示したものである。A1及びA2は双安定状態の夫々の状態のポテンシャルを示す。これら図より明らかなように、C1配向、C2配向によって上記ポテンシャルの状態が若干異なってくる。SSFLCにおいてC1配向である場合、液晶－基板界面での液晶分子の開き角はC2配向である場合よりも大きくなるため（図2（a）及び（b）における基板界面付近の射影参照）、エネルギー障壁の高さも高くなる。

【0044】一方、図10（a）及び（b）には、本発明の液晶素子における配向状態でのポテンシャルの状態をC1配向状態、C2配向状態の夫々についてを示したものである。B1は、電圧無印加での液晶分子のポテンシャル（図6（b）の場合）、B2は一方の極性の電圧の印加による最大チルトでの液晶分子のポテンシャル

14

（図6（c）の場合）を示す。

【0045】上述のSSFLCの場合で示したようなC1配向、C2配向という双安定状態間のエネルギー障壁の高さが異なる配向状態のそれぞれに対し、双安定の状態のうち一方を安定化させた場合にはそれぞれの駆動特性が異なったものになってしまう。特にエネルギー障壁の高いC1配向状態においては、図10（a）に示すように、双安定ポテンシャルの一方（B1）が極端に安定化された状態とした場合においても、安定状態が2つに残ったまま、あるいは一方が準安定状態（B2もポテンシャルのレベルは高いが周囲に比して安定）となってしまう状態が発生する。これにより電圧印加による応答の際、ある一定のポテンシャルに達するまでは印加電圧の大きさに応じた安定状態がアナログ的に存在し、且つ印加電圧と安定な分子位置が一对一で対応するため、連続的且つドメインの生成を伴わない反転が実現できるものの、ある一定のポテンシャルを越えた際に不連続な配向状態を形成する、すなわちドメインウォールの生成を伴った不連続な反転挙動となることがある。

【0046】これに対し、C2配向状態では、双安定のSSFLCである場合のエネルギー障壁が低いことから、図10（b）に示すように、一方（B1）が極端に安定化された状態とした場合にもB2の状態まで連続的且つドメインの生成を伴わない反転が実現できている。さらに、これらの図からC1の方が駆動電圧が高くなり易いことが理解できる。

【0047】以上述べた点から、本発明の液晶素子における配向状態については、アナログ階調性能及び低駆動電圧化の観点から、平行ラビングしたセルにおいてはC2配向を用いることが望ましい。あるいは、C1及びC2が混在している配向状態の場合は、これらの特性ばらつきを最小限に押さえるためにもプレチルト角が低いことが望ましい。あるいは、反平行ラビングであることが望ましい。

【0048】本発明の液晶素子では、三角波印加時の電圧－透過率曲線を求めた場合において若干のヒステリシスが存在する場合がある。但し、実際のTFTを備えた素子の場合のように交流波形において駆動される場合には、三角波印加時のように白状態から中間調状態へと連続的に光学変調されることはないため特に問題になることはない。即ち、図8に示す特性によれば、印加される極性に応じて常に白黒の反転をしながら光学変調されることから、たとえば白から中間調へと光学変調される際には、白状態から黒の配向状態を経由した後中間調の配向状態へと変調されるため、交流を印加した際には一方の極性では常に黒側にリセットされた後に書き込むという駆動が実現されているため、前状態の履歴の影響を受けることが原理的にほとんどない。

【0049】本発明の第一の液晶素子においては、三角波応答におけるヒステリシス値、及び $\gamma$ 値 $t$ が特定のレ

10

20

30

40

50

(9)

15

ベルに設定されている。

【0050】これらヒステリシス値、及び $\gamma$ 値を以下に定義する。電圧無印加時に射出光量が0となる透過型素子に対して三角波を印加し、横軸に印加電圧、縦軸に光量（透過光量）というグラフを描画したとき、図16に示すように、一方の極性の電界に対しては光学応答が存在せず、もう一方の極性の電界に対してのみ光学応答する。このとき、低電圧から高電圧へと変化するとき描画される曲線（立ち上がり曲線）及び高電圧から低電圧へと変化するとき描画される曲線（立ち下がり曲線）の2本が描画されるのが一般的である。条件によっては、これら2本が完全に重なり合って1本になる場合もある。本発明では $\gamma$ 値を立ち上がり曲線において光量が最大となる時を透過率100%とし、透過率5%に達する電圧を $V_{5\%}$ 、透過率95%に達する電圧を $V_{95\%}$ とし、 $\gamma = V_{95\%} / V_{5\%}$ と定義する。この $\gamma$ 値は1以上の値となるが、この値が1に近づくほど閾値特性が急峻となり階調制御が困難となる。逆にこの値が1より十分に大きいと階調制御性に優れた素子特性が実現する。本発明の素子では、 $\gamma$ の値を3以上と設定し、安定的な階調制御を可能としたものである。

【0051】また、ヒステリシス値を三角波応答曲線における立ち上がり時において透過率50%に達する電圧を $V_u$ 、立ち下がり時において透過率50%に達する電圧を $V_d$ と定義し、 $(V_u + V_d) / 2$ の電圧を印加したときにとりうる2つの透過率値 $T_u$  [%]、 $T_d$  [%]の差 $T_{diff}$  [%]を本発明におけるヒステリシスパラメータとして定義する。このヒステリシスに関しては、上述のように実際の駆動時における影響は原理的にはほとんど考慮しなくてもよいわけであるが、 $T_{diff}$  [%]がおよそ50%を超えるような大きな値となった場合、前状態の影響が実際の駆動に影響する場合がある。これは $T_{diff}$  [%]が大きい場合には潜在的な双安定素子特性が発現し、黒リセット後においても前状態履歴が残存するためであろうと推察される。従って、本発明の液晶素子においてもヒステリシスパラメータ $T_{diff}$  [%]を単安定性の指標として評価し、50%以下に設定している。

【0052】次に、本発明の第二の液晶素子では、アクティブマトリクス液晶素子であって、自発分極値及び内部イオンの許容値が特定のレベルに設定されている。以下この点について説明するが、この説明中において、液晶及び内部イオンの応答はゲートオン時間と比較すると十分遅い、すなわちゲートオン期間内での自発分極の反転及び内部イオンの移動はわずかであるため、ゲートオン期間後の保持時間内での問題として説明している（最も厳しい条件設定をしていることになる）。

【0053】アクティブマトリクスセルには通常ストレージキャパシタンスと呼ばれる容量 $C_S$ が液晶容量 $C_{LC}$ と並列になるよう付与されているため、駆動電圧 $V_{OP}$ を

16

印加した際には、液晶素子内には電荷 $Q$ として、 $Q = V_{OP} \times (C_{LC} + C_S)$ だけの電荷が注入される。次いで、電荷注入された後、自発分極の反転及び内部イオンの再配置、即ちアクティブマトリクス駆動で、ある一画素での選択期間の開始時から次の選択期間の開始時までの期間（例えば1フレーム、1フィールド期間）において、液晶層で印加される電圧によってセル内でイオンが移動し、セル厚方向で新たなイオン分布へと再構築される現象が発生する。

10 【0054】この電荷の移動量は、自発分極の反転分が $2 \times P_S$ 、内部イオンの再配置分が $Q_t$ であるため、「 $2 \times P_S + Q_t$ 」だけの電荷が移動することになる。

【0055】尚、ここでいう $P_S$ の値は液晶配向の変化に寄与した自発分極の値であって、液晶材料物性値で言うところの $P_S$ 値とは異なる場合がある。すなわち、仮に50%透過率を得るために液晶分子がセル内において50%分反転したと仮定すると、内部電荷の移動に寄与した自発分極値は液晶材料物性値で言うところの $P_S$ 値（ $P_{s0}$ ）の50%の値となる。但し、飽和電圧以上の電圧を与えられて、全液晶分子がスイッチングした場合は、この $P_S$ 値が $P_{s0}$ と等しくなるため、結局 $P_S$ 値は、液晶材料物性値の $P_S$ 値を考えればよい。

【0056】一方、内部イオンの再配置分 $Q_t$ は、まさに実際の駆動条件（電圧及び周波数）で関与する分である。

【0057】液晶の抵抗値が低い場合、オーミックな抵抗成分を流れる電荷によってもセル内に残存する電荷量 $Q_{rest}$ が減少する。TFTを実際に駆動するにあたり60Hz駆動を想定した場合、1フレーム期間は16.7msであり、この期間内で、オーミックな抵抗成分による電圧減少分を10%以下にするためには、液晶の体積抵抗値を $5 \times 10^{11} \Omega \text{cm}$ 以上（ $2 \mu\text{m}$ セルでの実液晶抵抗値が $1.0 \times 10^8 \Omega$ ）にする必要がある（液晶の誘電率 $\epsilon$ を3.5～7、セル厚を1～2 $\mu\text{m}$ として、液晶層の容量は1.5～6.2 [nF/cm<sup>2</sup>]より、CR時定数で計算）。

【0058】逆に、上記の条件内であれば、電圧降下は、下記に説明するその他の要因が支配的になることになる。

40 【0059】以下、オーミックな抵抗成分以外の要因による電圧降下を説明する。

【0060】スイッチング完了及び内部イオンの再配置が完了した後のセル内に残存する電荷量は $Q_{rest}$ は、 $Q_{rest} = V_{OP} \times (C_{LC} + C_S) - (2 \times P_S + Q_t)$ となる。そして、上式で表された残存電荷量から内部電圧の値 $V_{rest}$ が決定され、この値と印加電圧 $V_{OP}$ との比によって電圧保持率HVRが決定される。すなわち、 $HVR = V_{rest} / V_{OP} = \{ \{ V_{OP} \times (C_{LC} + C_S) - (2 \times P_S + Q_t) \} / (C_{LC} + C_S) \} / V_{OP} = 1 - (2 \times P_S + Q_t) / \{ V_{OP} \times (C_{LC} + C_S) \}$ となる。

50

(10)

17

【0061】一般的な液晶ディスプレイとして、60Hz駆動のマトリクス駆動（1フレーム期間は16.7ms）を想定し、液晶の誘電率 $\epsilon$ を3～6、セル厚を1～2 $\mu\text{m}$ として、液晶層の容量は1.3～5.3[nF/cm<sup>2</sup>]、駆動最大電圧を5Vとする。この時、上式の「 $Q_t$ 」の最大値は、5V、16.7msのパルス内で測定される $Q_t$ となる。ここで、10～20インチサイズのXGA～SXGAパネルを想定し、開口率をある程度以上確保するためには、保持容量 $C_S$ は、液晶層の容量 $C_{LC}$ の5倍以内とする必要がある。

【0062】電圧保持率の好ましい値として50%以上として、上式の「 $2 \times P_S + Q_t$ 」は、30[nC/cm<sup>2</sup>]以下にする必要がある。また、電圧保持率のより好ましい値として80%以上とすると、「 $2 \times P_S + Q_t$ 」は、12[nC/cm<sup>2</sup>]以下にする必要がある。

【0063】また、ゲートオン期間（XGA～SXGAパネルを想定した場合ゲートオン期間は最小16.3 $\mu\text{s}$ ）内に $V_{OP} \times (C_{LC} + C_S)$ だけの電荷注入が完了するよう、TFTのモビリティ値を設定する必要がある。

【0064】以上述べたように、こうしたイオン量の条件、特に「 $2 \times P_S + Q_t$ 」の値を30[nC/cm<sup>2</sup>]以下、好ましくは12[nC/cm<sup>2</sup>]以下にするために液晶材料や配向膜材料を適宜選択し、必要に応じて精製等を行う必要がある。

【0065】本発明者らは、特に液晶組成物中のエステル骨格を有している化合物の含有比率に着目し鋭意検討したところ、その「エステル骨格化合物の含有比率」が50%以下であれば、5V、16.7msのパルス内で測定される実効 $Q_t$ を30[nC/cm<sup>2</sup>]以下にする事が出来、さらにエステル骨格化合物の含有比率が20%以下であれば、5V、16.7msのパルス内で測定される実効 $Q_t$ を12[nC/cm<sup>2</sup>]以下にする事が出来る結果を得た。

【0066】ここで、 $P_S$ の大きさは、カイラル成分の比率を変えることでほぼ自由に（0～数十の範囲で）設定することが可能なため、 $P_S$ が最小値0に近い場合を想定した。

【0067】尚、特公平6-105332には、Ch相-SmC\*相転移系列を有する液晶材料を用いて、電圧無印加時に単安定状態をとり得る液晶素子について、交流駆動することが開示されている。しかしながら、当該公報に記載の液晶素子では、印加電圧一透過光強度を見ると、メモリー状態を有する電圧レンジが存在し、ヒステリシスも大きく、印加電圧増加に対する透過率上昇の仕方も実質的に閾値を有しており、急峻である故にアクティブマトリクス駆動を用いても安定的な階調制御を行うことができない。また、当該公報記載の素子では、液晶材料としてエステル系化合物を主成分として用いており、液晶材料中の不純物の除去が困難であり、液晶純度

18

を十分に高くすることはできず、アクティブマトリクス駆動における電圧保持率を確保できないといった観点から、当該駆動には不適である。

【0068】以下、図11を参照して本発明の液晶素子の一実施形態について説明する。

【0069】同図に示す液晶素子80では、一对のガラス、プラスチック等透明性の高い材料からなる基板81a、81b間にカイラルスメクチック相を示す液晶85を挟持したセルが互いに偏光軸が直交した一对の偏光板87a及び87b間に挟装した構造となっている。

【0070】基板81a、81bには、夫々液晶85に電圧を印加するための $\text{In}_2\text{O}_3$ 、ITO等の材料からなる電極82a、82bが例えばストライプ状に設けられており、これらが互いに交差してマトリクス電極構造（単純マトリクス）を形成している。また、後述するように一方の基板にドット状の透明電極をマトリクス状に配置し、各透明電極にTFTやMIM（Metal-Insulator-Metal）等のスイッチング素子を接続し、他方の基板の一面上あるいは所定パターンの対向電極を設け、アクティブマトリクス構造にすることが好ましい。

【0071】電極82a、82b上には、必要に応じてこれらのショートを防止する等の機能を持つ $\text{SiO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 等の材料からなる絶縁膜83a、83bが夫々設けられる。

【0072】更に、絶縁膜83a、83b上には、液晶85に接し、その配向状態を制御するべく機能する配向制御膜84a、84bが設けられている。かかる配向制御膜84a、84bの少なくとも一方には一軸配向処理が施されている。かかる膜としては、例えば、ポリイミド、ポリイミドアミド、ポリアミド、ポリビニルアルコール等の有機材料を溶液塗工した膜の表面にラビング処理（例えば同図に示す矢印Aの方向）を施したもの、あるいは $\text{SiO}$ 等の酸化物、窒化物を基板に対し斜め方向から所定の角度で蒸着した無機材料の斜方蒸着膜を用いることができる。尚、配向制御膜84a、84bについては、その材料の選択、処理（一軸配向処理等）の条件等により、液晶85の分子のプレチルト角（液晶分子の配向制御膜界面付近で膜面に対してなす角度）が調整される。

【0073】また、配向制御膜84a、84bがいずれも一軸配向処理がなされた膜である場合、夫々の膜の一軸配向処理方向（特にラビング方向）を、用いる液晶材料に応じて平行、反平行、あるいは45°以下の範囲でクロスするように設定することができる。

【0074】尚、配向制御膜としては、少なくとも一方の基板において有機膜を用い、且つリタデーションの値が、有機配向膜が十分延伸されることが一軸配向規制の起源と考えられることから、0.05nm以上の大きさとするのが好ましい。

【0075】本発明の液晶素子において、電圧無印加時

(11)

19

の液晶分子（平均分子軸）の単安定化のためには一軸配向規制力が十分大きいことが必要となる。この配向規制力に関して、コレステリック液晶を用いて配向規制力を評価する方法が内田ら（Liquid Crystals, 5, p. 1127(1989)）によって提案されている。すなわちコレステリック相での螺旋ピッチと配向規制力とのトルクバランスによって決定される「実効ねじれ角」を評価することにより配向規制力が評価できる。本発明でもこの考えを用いてこの一軸配向規制力を以下のように定義する。本発明の素子においてC h相が存在する場合、C h相におけるコレステリックピッチを $p$ 、及びセル厚 $d g$ とすると、配向規制力が存在しない場合、セル内でのねじれ角 $\phi$ とすると、 $d g / p = \phi / 2 \pi$ なる関係となる。また、上下基板において平行に一軸配向規制されており、配向規制力が無限大である場合には $\phi$ はゼロとなる。尚、この $\phi$ の値は内田らの報告と同様に、偏光顕微鏡下において旋光性を測定することにより容易に評価できる。すなわち、セル中では配向規制力によって本来のピッチ $p$ より大きい仮想ピッチ $p^* (= 2 \pi \cdot d g / \phi)$ を有しており、 $p^* = p$ のとき配向規制力ゼロ、 $p^* =$ 無限大のとき配向規制力も無限大であると言い換えることができる。

【0076】本発明では単安定化のためには少なくとも $p^* \geq 2 \times p$ となることが好ましい。 $p^* \geq 10 \times p$ となることがより好ましい。これらの値となるようなことを考慮して一軸配向処理条件（ラビング条件等）、配向膜厚、配向膜種、焼成条件等を適宜調整することが好ましい。

【0077】基板81a及び81bは、スペーサー86を介して対向している。かかるスペーサー86は、基板81a、81bの間の距離（セルギャップ）を決定するものであり、シリカビーズ等が用いられる。ここで決定されるセルギャップについては、液晶材料の違いによって最適範囲及び上限値が異なるが、均一な一軸配向性、また電圧無印加時に液晶分子の平均分子軸をほぼ配向処理軸の平均方向の軸と実質的に同一にする配向状態を発現させるべく、 $0.3 \sim 10 \mu m$ の範囲に設定することが好ましい。

【0078】スペーサー86に加えて、基板11a及び11b間の接着性を向上させ、カイラルスメクチック相を示す液晶の耐衝撃性を向上させるべく、エポキシ樹脂等の樹脂材料等からなる接着粒子を分散配置することもできる（図示せず）。

【0079】上記構造の液晶素子80では、カイラルスメクチック相を示す液晶85については、その材料の組成を調整し、好ましくはエステル骨格を有している化合物の含有比率が50%以下であれば、更に液晶材料の処理や素子構成、例えば配向制御膜84a及び84bの材料、処理条件等を適宜設定することにより、前述の図3(b)、図6、7に示すように、電圧無印加時では、該液晶の平均分子軸（液晶分子）が平均一軸配向処理軸と

20

実質的に一致し単安定化されている配向状態を示し、駆動時では一方の極性（第一の極性）の電圧印加時に印加電圧の大きさに応じて平均分子軸の単安定化される位置を基準としたチルト角度が連続的に変化し、他方の極性（第二の極性）の電圧印加時には液晶の平均分子軸は、電圧無印加時と同様に平均一軸配向処理軸と実質的に一致し、印加電圧の大きさによってもチルトしないような特性を示すようににする。好ましくは、カイラルスメクチック相を示す液晶材料として降温下でI相-C h相-S m C\*相の相転移系列又はI相-S m C\*相の相転移系列を示すものを用い、前述した1)～4)の処理によりS m C\*相でメモリ性を消失された状態を形成する。

【0080】更に、液晶材料等の調整により、前述したような $\gamma$ 、ヒステリシ特性及びイオン量の設定とする。

【0081】加えて、カイラルスメクチック相を示す液晶のバルク状態でのらせんピッチをセルギャップの2倍以上に設定することが好ましい。

【0082】このような特性下において、基板81a及び81bの少なくとも一方側に偏光板を設け、電圧無印加の状態以最暗状態となるようにセルを配置し、電圧印加時には、このようなチルト角の連続的な変化に伴い、例えば図8に示すような特性で素子の透過光量（出射光量）を電圧変化に伴いアナログ的に制御することができる。

【0083】当該液晶素子では、基板81a及び81bの一方側に少なくともR、G、Bのカラーフィルターを設けたカラー液晶素子としてもよい。

【0084】尚、当該液晶素子は、基板81a及び81bの両方の基板に一对の偏光板を設けた透過型の液晶素子、即ち基板81a及び81bのいずれも透光性の基板であり、一方の基板側からの入射光（例えば外部光源による光）を変調し他方側に出射するタイプの素子、又は一方の基板に偏光板を設けた反射型の液晶素子、即ち基板81a及び81bのいずれか一方の側に反射板を設けるかあるいは一方の基板自体又は基板に設ける部材に反射性材料を用い入射光及び反射光を変調し、入射光と同様の側に出射するタイプの素子のいずれにも適用することができる。

【0085】本発明では、上述の液晶素子に対して階調信号を供給する駆動回路を設け、上述したような電圧の印加により液晶の平均分子軸の単安定位置からの連続的なチルト角度の変化、及び液晶部分の透過光量が連続的に変化する特性を利用し階調表示を行う液晶表示素子を構成することができる。例えば、液晶素子の一方の基板として前述したようなT F T等を備えたアクティブマトリクス基板を用い、駆動回路で振幅変調によるアクティブマトリクス駆動を行うことでアナログ階調表示が可能となる。

【0086】図12～14を参照して、本発明の液晶素子において、このようなアクティブマトリクス基板を用



(12)

21

いた例について説明する。

【0087】図12は、当該素子を、駆動手段を備えた形で、一方の基板（アクティブマトリクス基板）の構成を中心に模式的に示したものである。

【0088】図12に示す構成では、液晶素子に相当するパネル部90において、駆動手段である走査信号ドライバ91に連結した走査線に相当する図面上水平方向のゲート線G1、G2…と、駆動手段である情報信号ドライバ92に連結した情報信号線に相当する図面上縦方向のソース線S1、S2…が互いに絶縁された状態で直交するように設けられており、その各交点の画素に対応してスイッチング素子に相当する薄膜トランジスタ（TFT）94及び画素電極95が設けられている（同図では簡略化のため5x5画素の領域のみを示す）。尚、スイッチング素子として、TFTの他、MIM（素子を用いることもできる。ゲート線G1、G2…はTFT94のゲート電極（図示せず）に接続され、ソース線S1、S2…はTFT94のソース電極（図示せず）に接続され、画素電極15はTFT94のドレイン電極（図示せず）に接続されている。かかる構成において、走査信号ドライバ91によりゲート線G1、G2…が例えば線順次に走査選択されてゲート電圧が供給され、このゲート線の走査選択に同期して情報信号ドライバ92から、各画素に書き込む情報に応じた情報信号電圧がソース線S1、S2…に供給され、TFT94を介して各画素電極に印加される。

【0089】図13は、図12に示すようなパネル構成における各画素部分（1ピット分）の断面構造の一例を示す。同図に示す構成では、TFT94及び画素電極95を備えるアクティブマトリクス基板20と共通電極42を備えた対向基板40間に、自発分極を有する液晶層49が挟持され、液晶容量（ $C_{LC}$ ）31が構成されている。

【0090】アクティブマトリクス基板20については、TFT94としてアモルファスSiTFTを用いた例が示されている。TFT94はガラス等からなる基板21上に形成され、図12に示すゲート線G1、G2…に接続したゲート電極50上に窒化シリコン（ $SiNx$ ）等の材料からなる絶縁膜（ゲート絶縁膜）23を介してa-Si層24が設けられており、該a-Si層24上に、夫々 $n^+$ a-Si層25、26を介してソース電極27、ドレイン電極28が互いに離間して設けられている。ソース電極27は図12に示すソース線S1、S2…に接続し、ドレイン電極28はITO膜等の透明導電膜からなる画素電極95に接続している。また、TFT94におけるa-Si層24上をチャネル保護膜29が被覆している。このTFT94は、該当するゲート線が走査選択された期間においてゲート電極22にゲートパルスが印加されオン状態となる。

【0091】更に、アクティブマトリクス基板20にお

22

いては、画素電極95と、該電極のガラス基板側に設けられた保持容量電極30により絶縁膜23（ゲート電極22上の絶縁膜と連続的に設けられた膜）を挟持した構造により保持容量（CS）32が液晶層50と並列の形で設けられている。保持容量電極はその面積が大きい場合、開口率の低下するため、ITO膜等の透明導電膜により形成される。

【0092】アクティブマトリクス基板20のTFT14及び画素電極95上には液晶の配向状態を制御する為の例えばラビング処理等の一軸配向処理が施された配向膜32aが設けられている。

【0093】一方、対向基板40では、ガラス基板41上に、全面同様の厚みで共通電極42、及び液晶の配向状態を制御する為の配向膜32bが積層されている。

【0094】尚、上記セル構造は、互いに偏光軸が直交した関係にある一対の偏光板間に挟持されている（図示せず）。

【0095】上記構造のパネルの画素部分において、液晶層49としては、自発分極を有する液晶、例えばカイラルスメクチック相を呈する液晶が用いられる。そして、液晶層49は、図3、6、7、及び8に示すような配向状態及び光学特性を示すように設定される。

【0096】尚、図12及び13に示すようなパネル構成において、アクティブマトリクス基板として、多結晶Si（p-Si）TFTを備えた基板を用いることができる。

【0097】図13に示すパネルの画素部分の等価回路を図14に示す。

【0098】図14及び図15を参照して上記構造の液晶素子における特性を利用したアクティブマトリクス駆動について述べる。本発明の液晶装置におけるアクティブマトリクス駆動では、例えば一画素においてある情報を表示するための期間（1フレーム）を複数のフィールド（例えば図15に示す1F及び2F）に分割し、これら2フィールドにおいて平均的に所定の情報に応じた状態を形成する。以下では、液晶層49が図8に示すような光学特性を示す場合における2フィールドに分割された例について説明する。

【0099】図15（a）は、一画素を着目した際に、当該画素に接続する走査線となる一ゲート線に印加される電圧を示す。上記構造の液晶装置では、各フィールド毎にゲート線G1、G2…が例えば線順次で選択され、一ゲート線には選択期間 $T_{on}$ において所定のゲート電圧 $V_g$ が印加され、ゲート電極22に電圧 $V_g$ が加わりTFT94がオン状態となる。他のゲート線が選択されている期間に相当する非選択期間 $T_{off}$ にはゲート電極22に電圧が加わらずTFT12は高抵抗状態（オフ状態）となり、 $T_{off}$ 毎に所定の同一のゲート線が選択されてゲート電極22にゲート電圧 $V_g$ が印加される。

【0100】図15（b）は、当該画素の情報信号線



(13)

23

(ソース線)に印加される電圧 $V_s$ を示す。図15(a)で示すように各フィールドで選択期間 $T_{on}$ でゲート電極22にゲート電圧が印加された際、これに同期して当該画素に接続する情報線となるソース線 $S_1$ 、 $S_2$ …からソース電極27に、所定のソース電圧(情報信号電圧) $V_s$ (基準電位を共通電極42の電位 $V_c$ とする)が印加される。

【0101】ここで、1フレームを構成する第一のフィールド(1F)では、当該画素に書込まれる情報、例えば用いる液晶に応じた図8に示すような電圧-透過率特性を基に当該画素で得ようとする光学状態又は表示情報(透過率)に応じたレベル $V_x$ の正極性のソース電圧(情報信号電圧)(基準電位を共通電極42の電位 $V_c$ とする)が印加される。この時、TFT14がオン状態であるため、上記ソース電極27に印加される電圧 $V_x$ がドレイン電極28を介して画素電極(95)に印加され、液晶容量( $C_{lc}$ )31及び保持容量32( $C_s$ )に充電がなされ、画素電極の電位が情報信号電圧 $V_x$ になる。続いて、当該画素の属するゲート線の非選択期間 $T_{off}$ においてTFT14は高抵抗(オフ状態)となるため、この非選択期間には、液晶セル(液晶容量 $C_{lc}$ )31及び保持容量( $C_s$ )32では選択期間 $T_{on}$ で充電された電荷が蓄積された状態を維持し、電圧 $V_x$ が保持される。そして、当該画素における液晶層49に第1フィールド1Fの期間を通して電圧 $V_x$ が印加される。

【0102】次に、第二のフィールド(2F)の選択期間 $T_{on}$ では、第一のフィールド1Fとは極性が逆で実質的に同様の電圧値 $V_x$ を有するソース電圧( $-V_x$ )がソース電極27に印加される。この時、TFT14がオン状態であり、画素電極95に電圧 $-V_x$ が印加されて、液晶容量( $C_{lc}$ )31及び保持容量32( $C_s$ )に充電がなされ、画素電極の電位が情報信号電圧 $-V_x$ になる。続いて、非選択期間 $T_{off}$ においてTFT14は高抵抗(オフ状態)となるため、この非選択期間には、液晶セル(液晶容量 $C_{lc}$ )31及び保持容量( $C_s$ )32では選択期間 $T_{on}$ で充電された電荷が蓄積された状態を維持し、電圧 $-V_x$ が保持される。そして、当該画素における液晶層49に第2のフィールド2F期間を通して電圧 $-V_x$ が印加される。

【0103】図15(c)は、上述したような当該画素の液晶容量及び保持容量に実際に保持され液晶層49に印加される電圧値 $V_{pix}$ を、図15(d)は当該画素での液晶の実際の光学応答(透過型液晶素子した場合での光学応答)を模式的に示す。(c)に示すように、2フィールド1F及び2Fを通じて印加電圧は互いに極性が反転しただけの同一レベル(絶対値) $V_x$ である。一方、(d)に示すように第一フィールド1Fでは、図8に示す特性に基づいて $V_x$ に応じた階調表示状態(透過光量)が得られ、第二フィールド2Fでは、 $-V_x$ により透過光量が実質的に0レベルとなる。従って、1フレ

24

ーム全体では、 $T_x$ と0を平均した透過光量が得られる。

【0104】上述したようなアクティブマトリクス駆動では、カイヤルスメクチック相を示す液晶を用いた場合で良好な高速応答性に基づいた階調表示が可能となると同時に一画素であるレベルの階調表示を、高い透過光量の第一フィールドと低い透過光量の第二フィールドに分割して連続的に行うため、時間開口率が50%以下となり人間の目の感じる動画高速応答特性も良好になる。また、第一及び第二フィールドで同様のレベルの電圧が極性反転して液晶層49に印加されるため、液晶層49に実際に印加される電圧が交流化され液晶の劣化が防止する。

【0105】上記のメカニズムのため、情報信号電圧 $V_s$ については、図8に示す特性に沿って、実際に当該フレームで当該画素で得ようとする画像情報(階調情報)に応じて、所定のレベルだけ大きな透過光量を得ることのできる電圧値を選択して印加することで、第一フィールド1Fにおいて、所望の階調状態より高いレベル透過光量での階調状態を表示することが好ましい。

【0106】

【実施例】(実施例1)

(液晶セルの作製)透明電極(電極面積 $1\text{cm}^2$ )として70ÅのITO膜を形成した厚さ1.1の一対のガラス基板を用意した。該基板の透明電極上に、TFT配向膜として市販のSE-7992(日産化学社製)をスピンコート法により塗布し、その後、80℃5分間の前乾燥を行なった後、200℃で1時間加熱焼成を施し膜厚200Åのポリイミド被膜を得た。なお、この配向膜を用いたセル中にTFT用高純度液晶材料として市販のKN5015LA(チッソ社製)を注入してイオン量を測定したところ、測定限界以下となっていた。したがって、この配向膜からの不純物イオンの発生はないと考えられることから、以下の実施例における不純物の量は全て液晶材料自身の有する不純物イオン量であるとみなすこととする。

【0107】続いて、当該基板上のポリイミド膜に対して一軸配向処理としてナイロン布によるラビング処理を施した。ラビング処理の条件は、径10のロールにナイロン(NF-77/帝人製)を貼り合わせたラビングロールを用い、押し込み量0.3、送り速度10/sec、回転数1000rpm、送り回数4回とした。

【0108】続いて、一方の基板上にスパーサーとして、平均粒径 $1.6\mu\text{m}$ のシリカビーズを散布し、各基板のラビング処理方向が互いに反平行(アンチパラレル)となるように対向させ、均一なセルギャップ( $1.55\mu\text{m}$ )のセル(単画素の空セル)を得た。

【0109】なお、このセルの複屈折位相差(リタデーション)を下記方法により測定したところ、0.08nmであった。

【0110】屈折位相差(リタデーション)の測定は以

[illegible]

(15)

27

【0123】上記のプロセスで作製した単画素セル

(1) 及びアクティブマトリクスセル (2) の夫々に液晶組成物A～Gを等方相の温度で注入し、液晶をカイラルスメクティック液晶相を示す温度まで冷却し、夫々液晶素子サンプルA (1) ～G (1)、A (2) ～G (2) を作製した。この冷却の際、Ch-SmC\*相転移前後において-3 Vのオフセット(直流)電圧を印加して冷却する処理を行った。かかるサンプルについて下記の評価を行なった。

【0124】1. 配向状態

素子サンプルA (1) ～G (1) の液晶の配向状態について偏光顕微鏡観察を行なった。

【0125】その結果、最暗軸がラビング方向とほぼ平行となる配向状態であり、かつ層法線方向がセル全体で一方向しかないほぼ均一な配向状態が観測された。

【0126】2. 三角波応答

液晶素子が示す電気光学応答を測定するために、素子サンプルA (1) ～G (1) についてセルをクロスニコル下でフォトマルチプライヤー付き偏光顕微鏡に、ラビング方向に偏光軸をあわせて暗視野となるように配置した。

【0127】これに $T_c - T = 10^\circ\text{C}$ において $\pm 5\text{V}$ 、 $0.2\text{Hz}$ の三角波を印加した際の光学応答を観測すると、正極性への応答は電圧強度を上げるとそれに応じて徐々に透過光量が増加していくのに対し、一方負極性への応答では、電界無印加時の黒状態から実質的に透過光量が変化しない\*

表 4

	A	B	C	D	E	F	G
$T_{\text{ant}}$ (%)	71	56	36	22	16	2	7

【0132】この結果から、素子サンプルA(1)及びB(1)に関しては、ヒステリシスの値が50 (%)を越えており TFT駆動における階調表示性に問題が生じるものとなっているが、素子サンプルC(1)～G(1)に関しては、ヒステリシスも小さく良好な階調表示性能が期待できるものとなっている。

【0133】3. 矩形波応答

素子サンプルA (1) ～G (1) について、三角波応答と同様の装置を用いて、 $60\text{Hz}$ の矩形波を印加して電圧(+5 V～-5 Vの範囲)を変化させながら光学レベルを測定した。

【0134】その結果、全ての素子が正極性の電圧のみに応答し、電圧レベルを変えることで輝度レベルを変化させることが可能であった。しかしながら、素子サンプルA(1)及びB(1)については、上述のヒステリシスが大きいと、その光学応答は前状態に依存し、安定した中間調が得られることは出来ない素子であった。

【0135】それに対し、素子サンプルC(1)～G(1)については、上述のヒステリシスが小さいため、その光学応答は前状態には依存せず安定した中間調が得られることが確認できた。したがって、素子サンプルC(1)～G(1)については、TFTアクティブマトリクス駆動による振幅

28

\* ことがわかった。

【0128】また、正極性電圧を印加した状態(白表示)から電圧を切ると、黒状態へ緩和(スイッチング)する事が確認された。

【0129】また、この光学応答から分かる通り、いずれの素子サンプルにおいても $\gamma$ 特性が緩やかで立ち上がりの閾値は明確に存在しない結果となっている。すなわち立ち上がり曲線において透過光量が最大透過光量の5%に達する電圧を $V_{5\%}$ 、透過光量が最大透過光量の95%に達する電圧を $V_{95\%}$ とし、 $\gamma = V_{95\%} / V_{5\%}$ と定義すると、 $\gamma$ の値はいずれの素子サンプルにおいても5以上の値を示していた。この結果から連続階調性に優れていることが分かる。

【0130】次いで、ヒステリシス量の評価を行った。ここで、三角波応答曲線における立ち上がり時において透過光量が最大透過光量の50%に達する電圧を $V_u$ 、立ち下がり時において透過光量が最大透過光量の50%に達する電圧を $V_d$ と定義し、 $(V_u + V_d) / 2$ の電圧を印加したときにとりうる2つの透過光量値 $T_u$ 、 $T_d$ の差 $T_{\text{diff}}$ をそれぞれのサンプルについて評価した。結果を表4に示す。

【0131】

【表4】

変調によりアナログ階調表示が可能である。

【0136】また、この正極性の矩形波電圧(飽和電圧は全て約5 V)印加による、立ち上がり時間(最暗状態から、所定の電圧印加により得ようとする透過率の90%の透過率となる時間)と、立ち下がり時間(所定の電圧での飽和透過率状態から当該透過率の10%の透過率となる時間)での応答速度は、高電圧(5 V程度)印加の際には、夫々0.6～0.9 ms、0.2～0.3 msであり、低電圧(1 V程度)印加の際には、夫々1.6～2.1 ms、0.3～0.5 msであり、一般的なネマチック液晶でのスイッチングに比較しても高速応答性が確認された。

【0137】4. イオン量及び電圧保持率の測定

素子サンプルA (1) ～G (1) について、 $T_c - T = 10^\circ\text{C}$ における内部イオンの再配置分( $Q_t$ )ならびに電圧保持率、セルでの実液晶抵抗値の測定を行なった。

【0138】結果を表5～表7に示す。ここで、表6中の液晶の体積抵抗値は、セルギャップ $2\mu\text{m}$ のAl電極セル中で測定された値であるが、素子サンプルA (1) ～G

(1) の実液晶抵抗値から算出される値とほぼ完全に一致している。また、表7中の算出電圧保持率は、セルでの実液晶抵抗値と液晶容量(2nF)から時定数計算され

(16)

29

たものである。

【0139】測定には株式会社東陽テクニカ社製液晶電圧保持率測定システム（VHR-1A/S型）ならびに液晶セルイオン密度測定システムを用い、印加電圧は±5Vとし、ゲート信号オフ時から16.7msec後の内部電圧の値を測 \*

表 5

	A	B	C	D	E	F	G
Qt (nC/cm <sup>2</sup> )	46	35	23	14	7.8	5.2	3.9

【0141】

※<sup>10</sup>※【表6】

表 6

	A	B	C	D	E	F	G
電圧保持率 (%)	12	31	53	66	81	84	88

【0142】

★ ★【表7】

表 7

	A	B	C	D	E	F	G
セル中での実液晶抵抗値 (Ω)	$2.8 \times 10^8$	$3.7 \times 10^8$	$5.1 \times 10^8$	$6.6 \times 10^8$	$7.2 \times 10^8$	$8.7 \times 10^8$	$1.0 \times 10^9$
体積抵抗値 (Ω cm)	$1.8 \times 10^{12}$	$2.4 \times 10^{12}$	$3.3 \times 10^{12}$	$4.3 \times 10^{12}$	$4.6 \times 10^{12}$	$5.6 \times 10^{12}$	$6.5 \times 10^{12}$
抵抗成分から換算される電圧保持率 (%)	97.1	97.8	98.4	98.7	98.8	99.0	99.2

【0143】5. パネル評価TFTを用いたアクティブマト ☆す。

リクスパネルであるサンプルA (2) ~G (2) を用いてパ 【0144】

ネルの画質評価を主観評価した。その結果を表8に示 ☆ 【表8】

表 8

	A	B	C	D	E	F	G
画面の明るさ (白表示)	非常に暗い	暗い	やや暗い	やや暗い	明るい	明るい	明るい
階調安定性 (色再現性)	悪い	やや悪い	良好	良好	良好	良好	良好
残像	あり	少しあり	なし	なし	なし	なし	なし
動画像表示	×	×	良好	良好	良好	良好	良好

【0145】この結果から分かる通り、C(2)及びD(2)はやや暗いが、色再現性や残像の問題はなく、高速応答性能による動画像の表示も良好な高画質の液晶ディスプレイが実現出来ている。さらに、E(2)、F(2)、G(2)は、明るく、残像もない、色再現性や動画像の表示も良好な高画質の液晶ディスプレイが実現されている。

【0146】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば、カイラルスメクチック相を示す液晶を用いた液晶素子であって、高速応答且つ階調制御が可能であり、動画質に優れた液晶素子が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】 (a) 及び (b) : SSFLC型の素子にお

る液晶配向状態での液晶分子及び液晶の層構造を示す模式図。

【図2】 (a) 及び (b) : 図1 (a) 及び (b) に示す液晶配向状態における、ダイレクタを示す模式図。

【図3】 (a) : SSFLCにおける各液晶相での配向状態を示す模式図。

(b) : 本発明の液晶素子の一態様における各液晶相での配向状態を示す模式図。

【図4】 (a) ~ (c) カイラルスメクチック液晶を用いた素子におけるポテンシャルの状態について示す模式図。

【図5】本発明の液晶素子の一態様におけるカイラルスメクチック液晶相での配向状態を示す模式図。

(17)

31

【図6】(a)～(c)：本発明の液晶素子の一態様におけるカイラルスメクチック液晶相での電圧印加による液晶分子の反転挙動を示す模式図。

【図7】(a)：本発明の液晶素子における液晶の配向状態の一例を示す模式図。

(b)：本発明の液晶素子における液晶の配向状態の他の例を示す模式図。

【図8】本発明の液晶素子における電圧－透過率特性の一例を示す線図。

【図9】(a)及び(b)：SSFLCにおける双安定配向状態でのポテンシャルの状態をC1配向状態、C2配向状態の夫々について示す模式図。

【図10】(a)及び(b)：本発明の液晶素子における配向状態でのポテンシャルの状態をC1配向状態、C2配向状態の夫々について示す模式図。

【図11】本発明の液晶素子の一実施態様を示す断面図。

【図12】本発明の液晶素子をアクティブマトリクス型の素子に適用した場合の構成例を示す平面図。

【図13】本発明の液晶素子をアクティブマトリクス型

32

の素子に適用した場合の一画素の構成例を示す断面図。

【図14】図13に示す素子構造の等価回路を示す図。

【図15】本発明の液晶素子をアクティブマトリクス駆動する際の駆動波形及び光学特性の一例を示す図。

【図16】本発明の液晶素子における電圧－透過率特性の他の例を示す線図。

【符号の説明】

11、12 基板

13 液晶

14、14a、14b、14c 液晶分子

15 コーン

16 スメクチック層

17 コーン底面

18a、18b Cダイレクタ

81a、81b 基板

82a、82b 電極

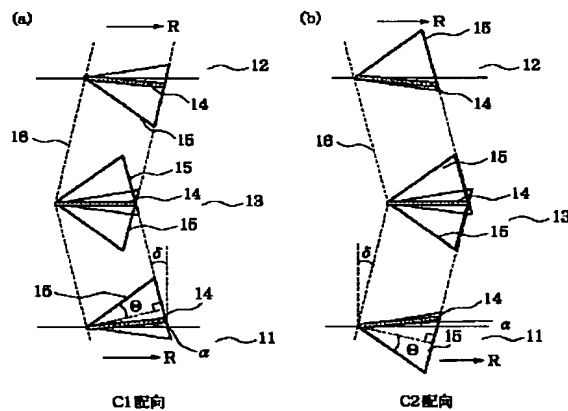
83a、83b 絶縁膜

84a、84b 配向制御膜

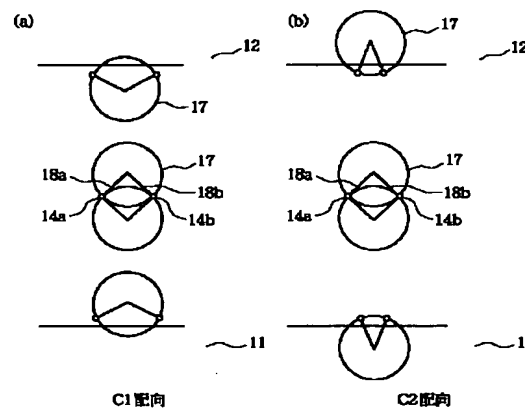
85 カイラルスメクチック液晶

20 86 スペーサー

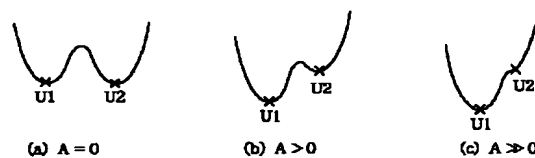
【図1】



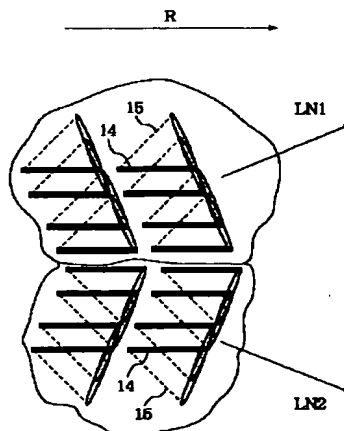
【図2】



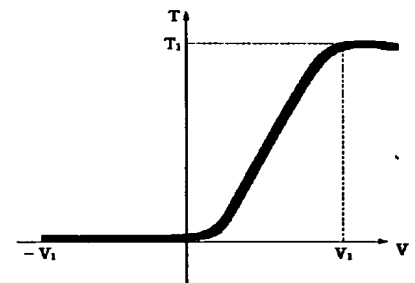
【図4】



【図5】

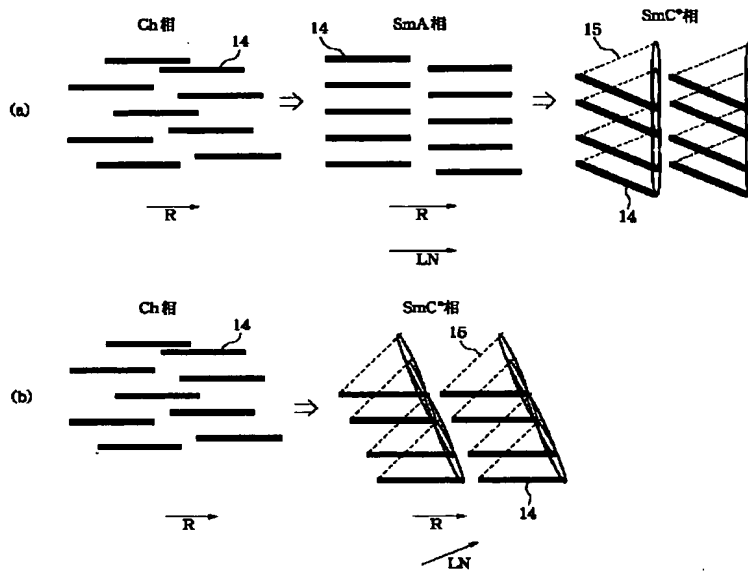


【図8】

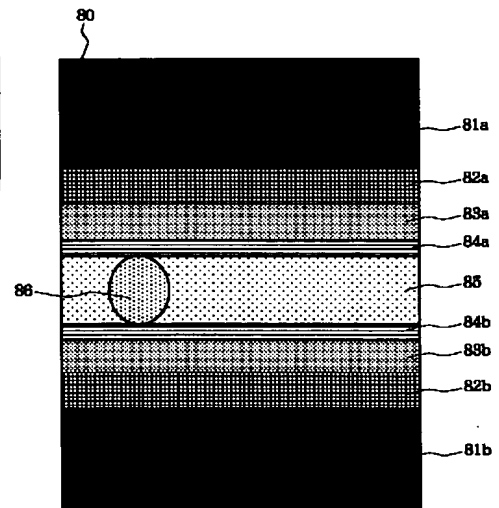


(18)

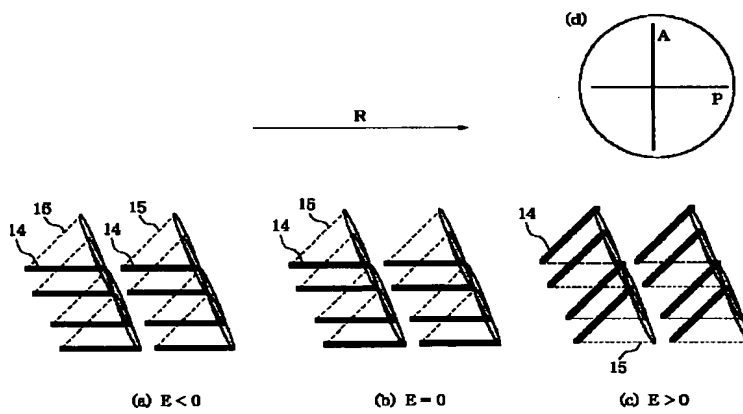
【図3】



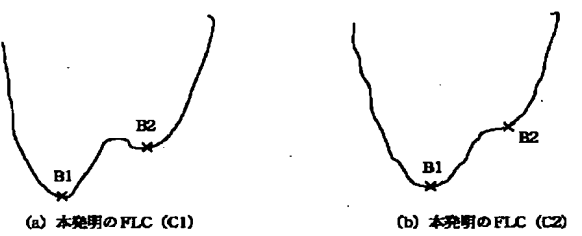
【図11】



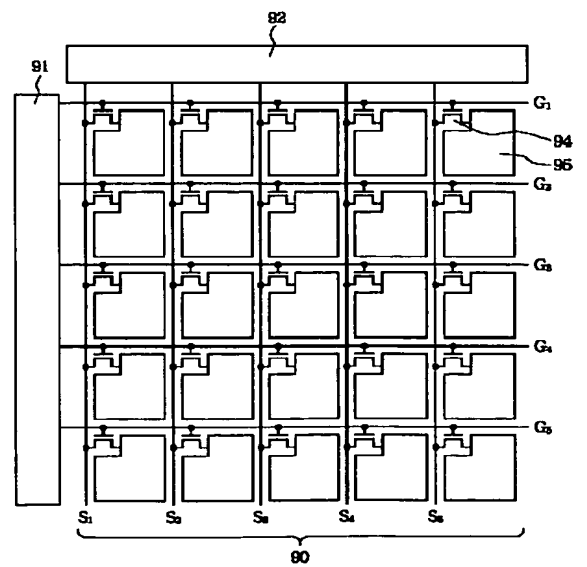
【図6】



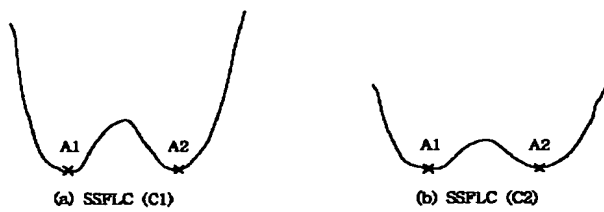
【図10】



【図12】

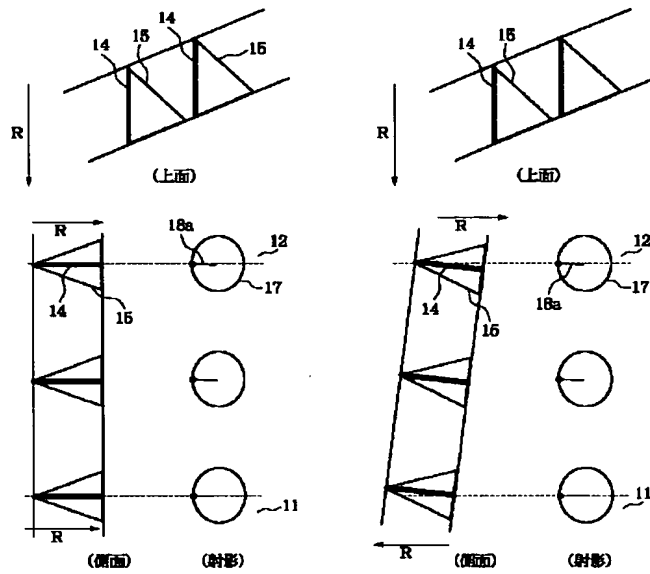


【図9】



(19)

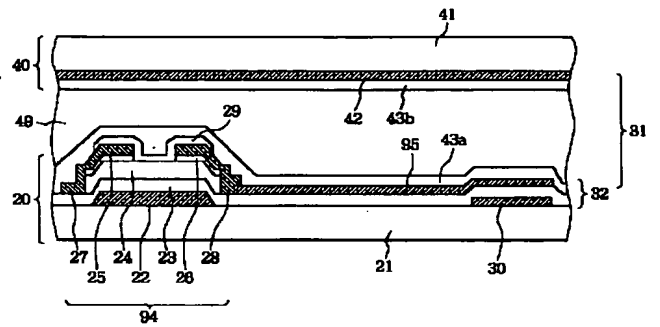
【図 7】



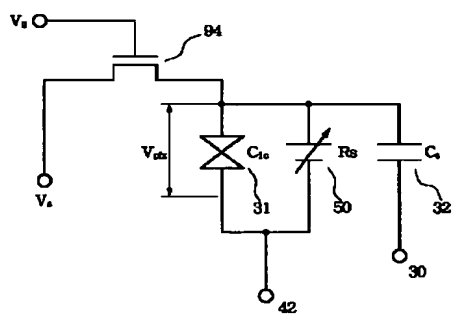
### (a) ブックシェルフ配向

### (b) 斜めブックシェルフ配向

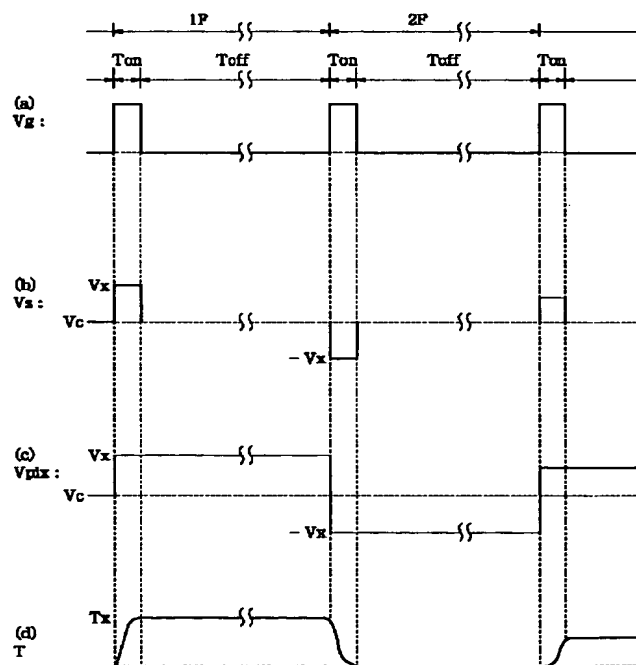
【図 13】



【図 14】

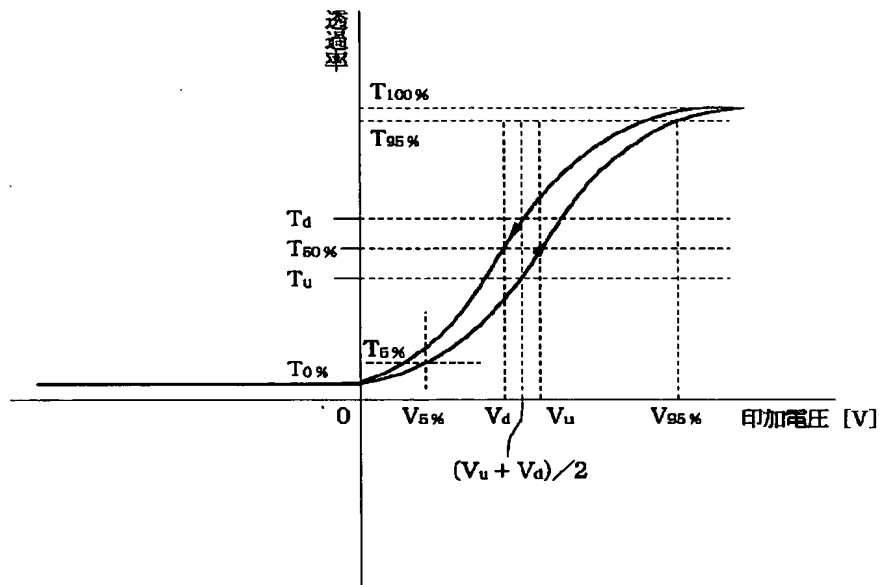


【図 15】



(20)

【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 門叶 剛司  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノ  
 ン株式会社内

(72)発明者 森 省誠  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノ  
 ン株式会社内

(72)発明者 森山 孝志  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノ  
 ン株式会社内

(72)発明者 中村 真一  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノ  
 ン株式会社内

Fターム(参考) 2H093 NA11 NA16 NA43 NA53 NC34  
 NC35 NC38 ND06 ND17 ND32  
 NE04 NF20 NH02 NH15 NH18